PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 1. 1. Januar 1906. 7. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 2 am 3. Januar 1906.

INHALT.

Originalmitteilungen:

O. Wiener, Das neue physikalische Institut der Universität Leipzig und Geschichtliches. S. 1.

A. Debierne, Über einige Eigenschaften des Aktiniums. S. 14.

77. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Meran, vom 24. bis 30. September 1905. S. 16.

W. Wien, Über die partiellen Differentialgleichungen der Physik. S. 16.

E. Warburg, Bemerkungen über die chemische Wirkung der stillen Entladung. S. 23.

E. Wohlwill, Ein Vorgänger Galileis im 6. Jahrhundert. S. 23.

Berichtigung. S. 32.

Fragekasten. S. 32.

Personalien. S. 32.

NEW YORK BOTANICAL GARDEN LIBRARY

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Das neue physikalische Institut der Universität Leipzig und Geschichtliches.[1])

Rede, gehalten bei der Einweihung des Instituts am 8. Juli 1905.

Von Otto Wiener.[2])

Hochansehnliche Versammlung! Die Werktagsarbeit ruht. Wir haben uns heute hier versammelt, um einem neuen Institut der Universität eine festliche Stunde zu widmen. Nicht alltägliche Betrachtungen sind daher auch heute am Platze. Sie sollen zunächst darin bestehen, daß wir dem Strom der Entwicklung, in dem wir uns befinden, für einen Augenblick entsteigen und von einem nahen Aussichtspunkt Ausschau halten nach den Quellen, denen der Strom entsprungen, und soweit unser Blick reicht, auch ein wenig nach dem weiteren Verlauf, den er nehmen mag.

Da sehen wir, wie die Bedürfnisse der praktischen Berufe und die allgemeinen Bedürfnisse nach Wissen und Weltanschauung im Mittelalter, ebenso wie bei manchem Volke des Altertums, ihre Befriedigung an derselben Stelle fanden, wo auch die Bedürfnisse des Gemüts nach religiöser Betätigung geregelt wurden. Als die deutschen Fürsten und Städte dazu übergingen, die ersten selbständigen höheren Lehranstalten, die Universitäten, zu gründen, mußten sie dazu die Genehmigung des Papstes einholen.[3]) Das ist auch bei der Gründung der Leipziger Universität im Jahre 1409 geschehen.[4])

Aber die aus der klösterlichen Enge in die bürgerliche Freiheit gelangten Anstalten änderten bald ihr Marschziel. Die Aufgabe der Scholastik, die darin bestanden hatte, das bekannte Bild der übermittelten, feststehenden Lehren aus den Bausteinen der natürlichen Erfahrung zusammenzusetzen, gleichgültig, ob da große Lücken klafften, wurde vertauscht mit der Aufgabe, das noch unbekannte Bild einer neuen Weltanschauung zu suchen, das man erhielt, wenn man jene Bausteine so zusammensetzte, daß ihre natürlichen Fugen lückenlos aufeinander paßten.

Die grundsätzliche Befreiung der Geister vom mittelalterlichen Zwange aber war das große Werk der Reformation. Der für die Naturwissenschaften allein fruchtbare Boden der Unbefangenheit des Schauens war damit bestellt; aber nur spärlich war der ausgestreute Samen.

Die Lehren des Aristoteles waren es ja im wesentlichen, was an physikalischem Wissen aus dem Altertum über die Stürme der Völkerwanderung und des Mittelalters von den Fürstenhöfen der Araber und von den Klosterzellen der Mönche gerettet worden war.

Die ganze philosophische Fakultät der Universität Leipzig bestand im Anfang des 17. Jahrhunderts nur aus 8 Professuren mit den 8 Fächern: Logik, Metaphysik, Moral und Politik, Geschichte, Mathematik, Physik, Beredsamkeit und Dichtkunst, griechische und lateinische Sprache; und so wenig umfangreich waren die Wissensgebiete dieser Fächer, daß die Vorlesungen über ein jedes halbjährig beendet und abwechselnd von den verschiedenen Professoren abgehalten wurden. Erst seit 1557 behielt jeder Professor sein Fach bei.[1])

Aber auch noch später fand bei Neubesetzungen häufig ein Wechsel im Fache statt.

1) Instituts-Neubauten No. V. (Nr. IV: diese Zeitschrift **6**, 881, 1905.)

2) Das hier Gedruckte stimmt nicht überall wörtlich mit dem Gesprochenen überein; teils wurde die Rede nicht durchweg wörtlich abgelesen, teils ließ sie der Kürze halber manches aus, teils sind nachträglich kleine Änderungen und Zusätze vorgenommen worden.

3) S. Friedrich Paulsen, Die deutschen Universitäten und das Universitätsstudium, Berlin, Verl. v. A. Asher & Co. S. 19, 1902.

4) Eine Zusammenstellung der wichtigsten Literatur zur Geschichte der Leipziger Universität hat W. Stieda gegeben in seiner Schrift: „Die Universität Leipzig im Sommer-Semester 1904", enthalten in den „Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft zur Erforschung vaterländischer Sprache und Altertümer in Leipzig". Bd. 10, Heft 1, S. 17, 1904.

1) S. Heinrich Gottlieb Kreußler, Geschichte der Universität Leipzig, in Kommission bei C. A. Solbrig in Leipzig, S. 26, 1810.

So kann man in den Akten des „Roten Kollegs“ [1]) finden, daß der im Jahre 1597 zum Professor der Physik ernannte Wolfgang Trübenbach vorher „Dialecticam publice dociret“ hatte. Umgekehrt erhielt der Physikprofessor Johannes Cyprian im Jahre 1710 eine Professur der Theologie. Im Jahre 1739 trat ein Professor der Dichtkunst Friedrich Menz und 1750 ein Professor der griechischen und lateinischen Sprache Johann Winkler in die Physikprofessur über.

Ich habe versucht, mich über die Leistungen jener früheren Physiker zu unterrichten. Ihre Namen sind uns wohlerhalten seit der Zeit, wo es überhaupt eine besondere Physikprofessur gab.[2]) Ich habe in Werken über die Geschichte der Physik[3]) und in dem biographisch-literarischen Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften von Poggendorff nachgesehen, habe aber ihre Namen darin zum Teil überhaupt nicht erwähnt gefunden; bei einem fand ich die lakonische Bemerkung: „Keine physikalischen Schriften genannt“, bei den meisten anderen nur spärliche Angaben.

Aber es dürften die Nachforschungen über die damaligen Physiker anderer deutschen Universitäten auch kein wesentlich anderes Bild ergeben. Der einzige wirklich schöpferisch hervorragende Physiker, den Deutschland überhaupt bis gegen Beginn des 19. Jahrhunderts hervorgebracht hat, dürfte neben Kepler, den wir mehr den Astronomen zuzählen, ein Mann gewesen sein, der den Universitäten fernstand, jener vortreffliche Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke, den die Wirren des 30jährigen Krieges und die diplomatische Tätigkeit, die er seiner Vaterstadt widmete, nicht hinderten, die Luftpumpe zu erfinden und die bekannten aufklärenden Versuche über die Wirkungen des Luftdruckes anzustellen.

Wir dürfen nicht vergessen, daß das geistige Leben der Deutschen zu Beginn der Neuzeit fast ausschließlich in Anspruch genommen war durch den Humanismus und die Reformation, später durch Dichtkunst und Philosophie. Und je weiter man von wahrer Naturerkenntnis entfernt war, um so mehr suchte der grüblerische Geist des Deutschen in faustischem Drange mit einem Male aus sich heraus die ganze Welt zu begreifen. Aber jeder unabhängig denkende Philosoph stellte ein anderes System auf. Das Verfahren war zwar verhältnismäßig mühelos, aber höchst unsicher im Erfolg.

Erst nachdem dies geistige Experiment mißglückt war, fing man an das naturwissenschaftliche, in Sonderheit das physikalische Experiment höher zu schätzen. Durch das Experiment unterscheidet sich grundsätzlich die neue Physik von der alten. Galilei leitete sie am Ende des 16. Jahrhunderts mit seinen Fallversuchen ein.

Experimente aber erfordern Apparate; und diese waren nicht so leicht zu beschaffen wie Bücher. So fand denn die neue Wissenschaft, die Experimentalphysik, in unserem armen, unter den Folgen des 30jährigen Krieges noch lange leidenden Vaterlande nur langsam Eingang.

Da der Staat damals keine Mittel zur Anschaffung von Apparaten gab, so gingen die Physikprofessoren dazu über, so gut und schlecht sie es eben konnten, sich selbst solche zu beschaffen.

Der erste, der in Leipzig eine beachtenswerte Sammlung gehabt zu haben scheint, war Lehmann, der zu Beginn des 18. Jahrhunderts die Physikprofessur innehatte. Sein „Armamentarium Physicum“ wurde, wie uns berichtet wird, im Jahre 1709 von dem Kurfürsten August dem Starken besichtigt.[1]) Lehmann hatte es in seinem Garten in einem Schuppen untergebracht und beschwert sich darüber, daß er die Instrumente von seiner weit vom Zentrum entlegenen Wohnung nicht in die Vorlesungen mitnehmen könne, die er morgens von 6 bis 7 Uhr im Auditorium philosophicum abhalten müßte.[2]) Später ließ er sie dahin jeweils mit eigenen großen Kosten schaffen. Zeitweise hielt er auch die Vorlesungen in seiner Wohnung ab, klagt aber dann darüber, daß die Entfernung nun für die Studenten zu weit sei und „den ruin ihrer Kleider an Strümpfen, Schuhen, Perrüquen“ bewirke, „die wenigstens alle in einem so weiten Weg in confusionem und Unordnung gerathen.“[3])

Der erste Leipziger Physiker, der sich durch tüchtige physikalische Untersuchungen auszeichnete, dürfte unser umgesattelter Philologe Winkler gewesen sein, der die Physikprofessur von 1749 bis 1770 innehatte. Er verbesserte die Elektrisiermaschine, stellte Batterien Kleistscher, den Leydnern ähnlichen

1) Daselbst befinden sich die Amtsräume der Philosophischen Fakultät.

2) S. Johann Daniel Schulze, Abriß einer Geschichte der Leipziger Universität im Laufe des 18. Jahrhunderts nebst Rückblicken auf die früheren Zeiten, Leipzig, August Lebrecht Reinicke, S. 43 u. 44, 1802, und Friedrich Bülau, Sr. Majestät des Königs Johann von Sachsen Besuch der Universität Leipzig am 4., 5. u. 6. August 1857; nebst einer Darstellung der Anstalten und Sammlungen der Universität, Leipzig, C. L. Hirschfeld, S. 35 ff. 1858. — Die Darstellung stützt sich auf Berichte der Institutsvorstände, im vorliegenden Fall also auf den des damaligen Professors der Physik Wilhelm Hankel.

3) J. C. Poggendorff, Geschichte der Physik, Leipzig, J. A. Barth 1879; und Ferdinand Rosenberger, Die Geschichte der Physik, Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, I, 1882; II, 1884; III, 1887—1890.

1) Emil Friedberg, Die Universität Leipzig in Vergangenheit und Gegenwart, Leipzig, Veit & Co. S. 36, 1898.

2) Ebenda S. 65.

3) Ebenda S. 36.

Flaschen zusammen und empfahl unabhängig von Franklin die Einführung von Blitzableitern.[1] Auch er besaß eine für die damalige Zeit beachtenswerte physikalische Sammlung.[2]

Sein zweiter, unbemittelter Nachfolger, Christian Funk, richtete daher ein Gesuch an den Kurfürsten, den späteren ersten König von Sachsen, Friedrich August I., auf Ankauf der Sammlung und erbot sich, zu ihrer Aufstellung neben seinem Hörsaal im alten Paulinum[3] eine Stube und Kammer, welche wegen ihrer Höhe und Kälte kein Student beziehen wollte, auf eigene Kosten zu mieten. Das Gesuch wurde vom Kurfürsten genehmigt, und so kam die Universität Leipzig bereits im Jahre 1786 in den Besitz einer physikalischen Sammlung, die für rund 1000 Taler angekauft worden war. Dieses Verfahren wurde dann noch öfters zur Vergrößerung der Sammlung angewendet.

Eine jährliche Unterstützung zu ihrer Unterhaltung und Vermehrung wurde erstmals im Jahre 1809 im Betrage von 150 Talern auf Antrag des Physikprofessors Weiß genehmigt, des nachmaligen berühmten Berliner Mineralogen.

Auch einen Gehilfen erhielt bereits 1812 sein Nachfolger bewilligt, Professor Ludwig Gilbert, der Herausgeber von den nach ihm benannten Annalen der Physik, der Vorgänger der Herausgeber Poggendorff, Wiedemann und Drude. Gilbert war ein eifriger Lehrer, der neben der Physik auch Vorlesungen zu halten pflegte über die Grundzüge der antiphlogistisch-pneumatischen Chemie.[4]

Trotz allem bestand doch ein Übelstand, der den physikalischen Unterricht sehr erschwerte. Instrumente waren nun da und ein Hörsaal war da; aber ein geeigneter Hörsaal mit benachbartem Instrumentensaal der fehlte; und es bedurfte eines halben Jahrhunderts, ehe dieser Mißstand beseitigt war. In den 80er Jahren des 18. Jahrhunderts wurde zwar im alten Paulinum ein physikalischer Hörsaal aus vier ehemaligen Klosterzellen zwischen bretternen Wänden eingerichtet. Aber er war so unbrauchbar, daß Gilbert wieder in seiner Wohnung lesen mußte[5]; und ähnlich erging es auch dessen Nachfolger Brandes. Dabei litten entweder die Instrumente durch Hin- und Herschaffen, oder die Demonstrationen unterblieben, wenn ihre Überführung zu große Schwierigkeiten bereitete.

Inzwischen war Sachsen Königreich geworden, und Könige, Stände und Ministerien wendeten der Universität ihre Gunst und Fürsorge zu. Zum Andenken an den um sie sehr verdienten König Friedrich August I. wurde an Stelle eines der alten Paulinergebäude das Augustinum im Jahre 1831 begonnen, 1836 übergeben. In ihm fand auch Aufnahme das bereits 1835 von Prof. Fechner, Brandes' Nachfolger, bezogene erste Leipziger physikalische Institut und sicher eines der ersten staatlichen Institute dieser Art in Deutschland. Genauer kann ich mich nicht ausdrücken; denn eine Geschichte der physikalischen Institute ist bis jetzt noch nicht geschrieben worden.

Ein Institut war es aber. Denn es besaß nicht bloß Hörsaal und Sammlung, sondern auch, wenn auch zunächst noch beschränkte Arbeitsräume. Fechner benutzte sie so eindringlich zu optischen Untersuchungen, daß er sich ein schweres Augenleiden zuzog, das ihn bald zwang die Physikprofessur niederzulegen. Er ist später durch seine Psychophysik, eine Grenzwissenschaft mit neuen Methoden, berühmt geworden.

Sein Nachfolger wurde Wilhelm Weber, einer der Göttinger Sieben und zugleich einer der hervorragendsten Physiker aller Zeiten. Er hat sich in kurzer Zeit wesentliche Verdienste um das hiesige Institut erworben. Auf seinen Antrag wurden die Arbeitsräume für den praktischen Unterricht in der Physik erweitert und mit erschütterungsfreien Aufstellungen für wissenschaftliche Untersuchungen mit empfindlichen Instrumenten versehen, eine magnetische Warte errichtet, der Jahresetat des Instituts auf 500 Taler erhöht. Er zog zuerst hier die Studenten auch zu praktischen physikalischen Übungen im physikalischen Institut heran, die sich allerdings meist auf galvanische und magnetische Beobachtungen beschränkten.[1]

Schon 1849 wurde er nach Göttingen zurückberufen und in Leipzig durch Wilhelm Hankel ersetzt, der die Physikprofessur bis zum Jahre 1886 inne hatte.

In diesem Zeitraum hat der mit Hankel befreundete und von ihm gelegentlich mit Apparaten unterstützte Dr. Feddersen in den Baulichkeiten der Universität seine bahnbrechenden Arbeiten über elektrische Schwingungen ausgeführt, die Vorläufer der berühmten Hertzschen Entdeckungen. Ich freue mich Herrn Dr. Feddersen selbst als Zeugen jener Zeit heute hier begrüßen zu können.

1) S. die oben zitierten Geschichtswerke von Poggendorff und Rosenberger.

2) Von hier ab bis zur Darstellung von Hankels Zeiten ist meine Hauptquelle das kleine oben zitierte Buch von Bülau, S. 35ff.

3) Alter Umbau aus dem Gebäudekomplex des 1229 begründeten, in der Reformationszeit verödeten Dominikanerklosters zu St. Pauli, der von Kurfürst Moritz der Universität geschenkt wurde (s. Friedberg, l. c. S. 28).

4) Nach Ausweis des damaligen „Catalogus Lectionum".

5) S. bei Friedberg, l. c. S. 42.

1) S. die Vorlesungsverzeichnisse.

In diesem selben Zeitraum trat ein neuer für das Institut sehr wesentlicher Umstand hinzu. Die Besuchsziffer der Universität, welche zwischen 1836 und 1864 unter 1000 geblieben war, stieg 1865 über diese Zahl, 1871 über 2000.[1]) Da der Hörsaal nicht mehr ausreichte, so verlegte ihn Hankel nach dem größeren Sammlungsraum und brachte die Sammlung, so gut es ging, in dem früheren Hörsaal unter, stellte aber schließlich, als der Raummangel immer störender hervortrat[2]), im Jahre 1869 bei der Regierung den Antrag auf Erbauung eines neuen physikalischen Instituts.

Die Platzfrage fand eine glückliche Lösung, indem die Stadt einen Teil des Johannistales zur Verfügung stellte im Austausch gegen anderswo gelegenes Universitätsgelände. Im Wintersemester 1873/74 wurde das neue Institut in Benutzung genommen, das mit dem neuen mineralogischen und geologischen zusammen ein Haus bezogen hatte. Neben einem größeren Hörsaal bot dies Institut für die damalige Zeit auch genügend Platz für physikalische Arbeiten und ermöglichte es Hankel, von da ab regelmäßig physikalische Übungen abzuhalten.

Einen neuen Aufschwung erfuhr es durch Gustav Wiedemann, der bisher die Professur für physikalische Chemie bekleidet hatte und im Frühjahr 1887 den 72jährigen, in seiner Gesundheit geschwächten Hankel in der Physikprofessur ablöste. Er ließ hauptsächlich durch seinen damaligen Assistenten Hallwachs, meinen jetzigen Dresdener Kollegen, der vorher bei Friedrich Kohlrausch Assistent gewesen war, das physikalische Praktikum im Leipziger Institut einrichten.

Das Muster zur Organisation dieses Praktikums verdanken wir Friedrich Kohlrausch, der es zum ersten Mal im Winter 1867/68 in dem Laboratorium von Wilhelm Weber in Göttingen einrichtete.[3]) Nicht als ob nicht auch schon von andern vor Kohlrausch physikalische Übungen abgehalten worden wären — wir sahen das oben und dürfen auch dabei nicht die Schule von Franz Neumann in Königsberg vergessen — aber es ist doch das Kohlrauschsche Praktikum mit seinem die ganze Physik umfassenden Stoffe, mit seiner scharfen Kritik der Messungen und seiner, man könnte fast sagen militärischen Disziplinierung des Beobachters vorbildlich geworden und hat sich ziemlich rasch an den Universitäten Deutschlands ausgebreitet.

Auch zu selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen zog Wiedemann Schüler heran, überließ aber, als er anfing zu kränkeln, dies Feld seiner Tätigkeit mehr Professor Drude, dem damaligen außerordentlichen Professor der Physik, dem in erster Linie die Pflege der theoretischen Physik oblag.

Während nämlich früher die theoretische Physik nur gelegentlich von den Dozenten der Physik und Mathematik, auch zeitweise von dem Extraordinarius für landwirtschaftliches Maschinen- und Meliorationswesen, Herrn Prof. Föppl, gepflegt wurde, erhielt sie auf Antrag von Wiedemann seit dem Wintersemester 1894/95 einen dauernden Vertreter durch die Schaffung eines Extraordinariats, das zuerst Prof. Ebert, bereits nach einem Semester Prof. Drude bekleidete.

Meine beiden hochgeschätzten Vorgänger starben im ersten Viertel des Jahres 1899, Hankel im 85., Wiedemann im 73. Lebensjahr. Sie waren Zeugen gewesen des geradezu großartigen Aufschwunges, den in Deutschland nach früherer Öde erst die theoretische und dann nach der Zunahme des Wohlstandes auch die Experimentalphysik genommen hatte. Sie hatten erlebt, wie an der gewaltigen Entwicklung der Technik auch zwei Gebiete physikalischer Technik besonders beteiligt waren, die schon ältere Feinmechanik und Optik und die jüngere Elektrotechnik. Und die Kinder der Physik waren im Begriff, ihrer Mutter die frühere Pflege zu entgelten.

Inzwischen war an der Universität Leipzig das dritte Tausend der Studierenden bei weitem überschritten worden. Da ist es begreiflich, wenn sich schon Wiedemann mit dem Gedanken einer Institutserweiterung trug. Tatsächlich stand der ganze Zuschnitt des Instituts in gar keinem Verhältnis mehr zu der Zahl der in ihm Belehrung Suchenden und zu der Bedeutung, die die Physik gewonnen hatte.

Auch Röntgen und Braun, denen die Nachfolge Wiedemanns zunächst angeboten worden war, hatten der Kgl. Sächsischen Regierung in diesem Sinne berichtet.

Kein Wunder also, wenn die Stimmung aller maßgebenden Persönlichkeiten dahin neigte, das physikalische Institut von Grund aus umzugestalten.[1]) Und so waren für einen Neubau

1) Eine bequeme Zusammenstellung dieser Ziffern findet man bei Franz Eulenburg, Die Frequenz der Deutschen Universitäten von ihrer Gründung bis zur Gegenwart, Abhandlungen der philologisch-historischen Klasse der kgl. sächs. Ges. d. Wiss. Bd. XXIV, Nr. II, Leipzig, B. G. Teubner 1904.

2) Sehr launig wußte Herr Professor W. Voigt als früherer Zuhörer von Hankel von dem Zustande zu erzählen, der eintrat, als Hankel die beiden aneinanderstoßenden Räume zugleich als Hörsaal benutzte und in der Türe stehend zu unterrichten und auch die Tafel abwechselnd nach beiden Seiten zu wenden genötigt war.

3) S. das Vorwort zur neunten Auflage 1901 des „Lehrbuchs der Praktischen Physik" von Friedrich Kohlrausch, Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 10. Aufl., S. V, 1905.

1) Es soll damit nicht geleugnet werden, daß in letzter Hinsicht doch die Verantwortung für die Beantragung und die Begründung der Notwendigkeit eines Neubaus mir selbst zufiel.

die besten Vorbedingungen gegeben. Da war ein König, der mit Liebe an der Universität hing; da waren Ständekammern, denen die Hebung der geistigen und materiellen Kräfte des Sachsenvolkes am Herzen lag; da war ein Ministerium, das die Entwicklung der Universität mit Sachverständnis und Hingebung förderte.

Es dürfte wenig bekannt sein, daß sich in den Akten des Kultusministeriums ein Bericht über eine Studienreise befindet, in welchem unser Ministerialdirektor, Geheimrat Dr. Wäntig, seine Erfahrungen gelegentlich des Besuchs einer Reihe naturwissenschaftlicher und technischer Institute niedergelegt hat, und deren Lesen dem Fachmann besonderen Reiz und Belehrung gewährt. Ich durfte durch die Freundlichkeit seines Urhebers im Frühjahr 1899 darin Einsicht nehmen und las unter anderm darin zu meiner geheimen Freude, daß unter der Reihe der besuchten Institute sich das physikalische Institut der Technischen Hochschule in Zürich befand, welches ungefähr 2 Millionen Franken gekostet hatte.

Und damit komme ich zu einem anderen Punkte, der für das Institut einen reinen Glückszufall bedeutete. Die Finanzlage Sachsens schien im Jahre 1899 noch eine glänzende zu sein. Aber selbst die Änderung dieser Lage, welche mit der tief bedauerlichen allgemeinen wirtschaftlichen Krisis der später folgenden Jahre zusammenfiel, schlug für den Neubau zum Vorteil um. Denn die verschärfte Konkurrenz der Firmen drückte die Preise herab und ermöglichte es, während des Baues und der genaueren Ausarbeitung der Entwürfe auftretende neue Bedürfnisse ohne große Schwierigkeiten zu befriedigen, und ohne daß nicht zuletzt doch noch erhebliche Ersparnisse verblieben.

Ich will damit keineswegs das Lob abschwächen, auf welches die beteiligten Behörden durch Betätigung einer weisen und nicht ängstlichen, der Sache schädlichen Sparsamkeit Anspruch haben. Auch hoffe ich zeigen zu können, daß auch ich, der der Natur der Sache nach stets Fordernde, mir der großen Verantwortlichkeit in dieser Richtung wohl bewußt war.

Bevor man überhaupt an einen Neubau dachte, war die Frage zu entscheiden gewesen, ob man sich nicht mit einem Erweiterungsbau hätte begnügen können. Aber die Bebauungsweise des alten Grundstücks an der Liebigstraße bot dazu nur beschränkten Raum. Und wenn man dem alten Institut die Vorteile der massiven Böden hätte verschaffen wollen, welche inzwischen seit dem Aufbau des alten Instituts allen neueren physikalischen Instituten zuteil geworden war, so wäre der Umbau ziemlich teuer und schließlich doch nur ein Flickwerk geworden, dessen Bestand schwerlich von langer Dauer gewesen wäre.

Was waren nun die Mängel des alten Instituts? Was sollte das neue leisten? Der Platzmangel war von allen der größte. Er mußte eine Weiterentwicklung von Unterricht und Forschung im Keime ersticken. So konnten im physikalischen Praktikum aus diesem Grunde keine neuen Aufgaben mehr eingeführt werden, welche dem Fortschritt der Wissenschaft Rechnung trugen. Gesonderte Räume waren erwünscht für die verschiedenen Gruppen von Studierenden, die künftigen Lehrer, Chemiker und Physiker auf der einen Seite, die Mediziner und Pharmazeuten auf der anderen Seite. Der Unterricht hätte dann mehr individuell gestaltet und den besonderen Bedürfnissen der verschiedenen Gruppen von Studierenden angepaßt werden können.

Auch die Laboratorien für wissenschaftliche Untersuchungen waren ungenügend. Professoren und Assistenten hatten zwar noch gute Räume. Aber die Praktikanten mußten meist in engen Kellerräumen untergebracht werden, in denen zudem die Apparate durch die große Feuchtigkeit Schaden litten.

Der verhältnismäßig geringe Raum, der im alten Institut für Laboratorien allerart zur Verfügung stand, dürfte am besten aus beistehender graphischen Darstellung erhellen (s. Fig. 1, S. 6).[1])

Der Hörsaal entsprach damals noch am besten seinem Zweck, stellte sich später aber auch als auf die Dauer zu klein heraus. In dem bedeutend größeren[2]), in dem wir uns eben befinden, müssen bereits die seitlichen Klappsitze bei den Vorlesungen mit benutzt werden — wenigstens zu Beginn des Semesters. Vor allem fehlte es im alten Institut aber an einem zweiten größeren Hörsaal. Wenn neben der Experimentalphysik noch andere stärker

1) Die Angaben beziehen sich auf die Gesamtbodenflächen der Praktika und der Untersuchungslaboratorien der Fortgeschrittenen, Assistenten und Professoren, einschließlich der Laboratorien für chemische und photographische Arbeiten, jedoch ausschließlich der Vorbereitungszimmer für Vorlesungen, Werkstätten usw. und wurden, soweit sie sich nicht auf Leipzig beziehen, den Plänen aus folgenden Publikationen entnommen: E. Wiedemann, Das neue Physikalische Institut der Universität Erlangen, Leipzig, J. A. Barth 1896; Kundt, Das Physikalische Institut, enthalten in einer „Festschrift für die 58. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte", betitelt „Die naturwissenschaftlichen und medizinischen Institute der Universität und die naturhistorischen Sammlungen der Stadt Straßburg". Druck von Heitz & Mündel, Straßburg 1885; Bluntschli u. Lasius, Der neue Physikbau für das eidg Polytechnikum zu Zürich, Schweizerische Bauzeitung, Bd. 10, 1887. Beim Züricher Institut wurden die unterirdischen Räume für konstante Temperatur und die verfügbaren Räume des Untergeschosses mitgerechnet. Beim neuen Leipziger Institut wurden auch die Räume des theoretisch-physikalischen Instituts mitgerechnet. Alle Zahlen sind auf 100 qm abgerundet, da die Benutzungsweise mancher Räume zweifelhaft oder auch veränderlich ist.

2) S. Anm. 1, S. 9.

Fig. 1.

besuchte Vorlesungen, wie über Elektrotechnik, abgehalten wurden, so brachte das Störungen für die umständlichen Vorbereitungen der Experimentalphysik mit sich. Es war aber durchaus wünschenswert, daß Experimentalvorlesungen über Sondergebiete der Physik in grösserem Umfange als bisher von den Extraordinarien und Privatdozenten der Physik abgehalten wurden.

Die Institutsbibliothek war früher zum Teil im kleinen Hörsaal, zum Teil auf einem dunklen Mittelkorridor untergebracht. Werkstätte und Maschinenraum bedurften der Erweiterung.

Am schlechtesten war im alten Institut für den theoretischen Physiker gesorgt. Er hatte von Rechtswegen überhaupt keine eigenen Räume und war nur auf die Kollegialität des Experimentalphysikers angewiesen. Der heutige theoretische Physiker ist aber meist nicht bloß der Mann mit Schwamm und Kreide, er ist auch der Mann mit Bohrer und Fernrohr. Es bedurfte also der Gründung eines besonderen theoretischen Instituts, wie solche bereits an anderen größeren und kleineren Universitäten Deutschlands bestehen.

Dank dem Entgegenkommen des Kgl. Ministeriums und der Kammern wurde die außerordentliche Professur für Physik im Jahre 1900 in eine ordentliche Professur für theoretische Physik verwandelt, welche zwei Jahre lang Professor Boltzmann innehatte. Mein jetziger verehrter Kollege Des Coudres gehört uns seit 1903 an.

Auch für die technische Seite der Physik sollte im neuen Institut gesorgt werden. Die Forderung, daß die Universitäten in dieser Richtung mehr als bisher tun möchten, ist neuerdings mit immer größerem Nachdruck aufgestellt worden unter der Vorkämpferschaft von Prof. Felix Klein und den Göttinger Physikern. Dringend erwünscht sind Kenntnis der Technik in ihren wesentlichsten Zügen für den Chemiker, der in der Fabrik und für den Lehrer, der in der Schule zu wirken hat. Freilich möchte man ja dieser Gruppe von Studierenden empfehlen, für einige Zeit eine Technische Hochschule zu besuchen; aber es ist doch mit der Tatsache zu rechnen, daß viele Studierenden aus irgendwelchen Gründen dies nicht tun und zum Teil auch nicht tun können.

Aber ganz abgesehen davon ist zu wünschen, daß die reine Physik mit der angewandten an den Universitäten in innigen Kontakt trete. Denn es sind da schöne Gebilde von Kontaktmetamorphosen zu erwarten, die der Kundige zu schätzen weiß. Tatsächlich tritt neuerdings immer häufiger der Fall auf, daß zur sachgemäßen Lösung wichtiger technischen Aufgaben die allereingehendsten Kenntnisse und Fertigkeiten auf physikalischen Sondergebieten erforderlich sind. Man denke nur an die drahtlose Telegraphie.

Dies war also das Programm.

Am 8. Mai 1899 fand unter Vorsitz des Herrn Geheimen Rats Dr. Wäntig eine Besprechung der bei den geplanten Neubauten beteiligten Professoren statt und unmittelbar darauf erging die Aufforderung des Kgl. Ministeriums des Kultus und öffentlichen Unterrichts an das Kgl. Landbauamt Leipzig, Pläne und Kostenanschlag für den Neubau des physikalischen Instituts auszuarbeiten.

Daß der Bauplatz möglichst in die Nähe des anatomischen Instituts und damit auch der anderen medizinischen und naturwissenschaftlichen Institute kommen möchte, das war der Wunsch, der in jener Sitzung besonders von Herrn Professor His ausgesprochen wurde, und der auch für das physikalische Institut wichtig war. Aber bald darauf konnte mir Herr Geheimer Rat Dr. Wäntig mitteilen, daß keine Aussicht bestehe zur Erwerbung eines geeigneten Bauplatzes im nahe gelegenen Johannistale und daß, sofern der Bau nicht auf eine spätere Finanzperiode vertagt werden solle, nur der in der Linnéstraße zwischen dem physikalisch-chemischen Institut und den Häusern der Haaseschen Stiftung gelegene Bauplatz verfügbar sei.

Dieser dann tatsächlich gewählte Platz war nicht weiter von den übrigen naturwissenschaftlichen und den medizinischen Instituten entfernt, als das auch an anderen, selbst kleine-

Fig. 2.

ren Universitäten der Fall ist, und hatte vor allem den großen Vorteil einer verhältnismäßig ruhigen Lage, welche auch für die Zukunft gewährleistet schien durch die Nachbarschaft des Johannisfriedhofs auf der Vorderseite, durch die Nachbarschaft der Gärten der psychiatrischen Klinik auf der Rückseite.

Die ersten Pläne wurden von Herrn Baurat Seidel in kleinem Maßstab eigenhändig entworfen; wir versuchten und besprachen zusammen verschiedene mögliche Anordnungen der Räume, bis wir bei dem nun ausgeführten Projekt stehen blieben, welches auch Herr Geheimer Rat Dr. Wäntig auf den ersten Blick als das geeignetste hinsichtlich der Anordnung bezeichnete.

Die Genehmigung der Kammern erfolgte im Jahre 1900, im Mai 1901 wurde der Rohbau begonnen, 1902 vollendet. Der innere Ausbau und die innere Einrichtung nahm das Jahr 1903 und einen Teil des Jahres 1904 in Anspruch, so daß der Betrieb im W. S. 1904/05 eröffnet werden konnte. Die ganze Bauleitung unterstand von Anfang bis Ende der sachgemäßen und aufopferungsvollen Führung des Herrn Landbauinspektor Schulze.

Ich komme jetzt zu den Einzelheiten des Baues.

Da war zunächst eine wichtige Vorfrage zu entscheiden: Wie konnte das Gebäude nach Möglichkeit gegen die in der Großstadt unvermeidlichen Bodenerschütterungen geschützt werden, welche das Arbeiten mit empfindlichen Instrumenten, z. B. Spiegelgalvanometern, so sehr erschweren?

Der damalige Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt, Professor F. Kohlrausch, war so freundlich, mir die dort in Charlottenburg gemachten Erfahrungen zur Verfügung zu stellen. Das Hauptgebäude der physikalischen Abteilung der Reichsanstalt ist auf einem meterdicken Betonklotz errichtet. „Er selbst bildet für Aufstellungen eine gute Unterlage, aber die Hauswände werden trotzdem von Schwankungen nicht unerheblich getroffen, so daß man nicht feststellen kann, ob er dort einen wesentlichen Nutzen stiftet."

Es lag nun der Gedanke nahe, die Erschütterungen gar nicht bis zum Gebäude dringen zu lassen, indem man es von der Umgebung durch einen ringsherum führenden, etwa 4 Meter tiefen Graben absonderte. Tatsächlich war dieser Graben zunächst ins Auge gefaßt und vom Königlichen Landbauamt auf rund 100000 Mk. veranschlagt worden. Ich hatte mir aber vorbehalten, erst eigene Beobachtungen anzustellen, welche entscheiden sollten, ob diese teure Maßregel auch wirklich Erfolg versprach.

Zu diesem Zweck wurde eine große Reihe von Beobachtungen mit erschütterungsempfindlichen Instrumenten angestellt in den Kellern von Instituten, auf den Festpfeilern der Sternwarte und in einem 1,70 Meter tiefen Graben

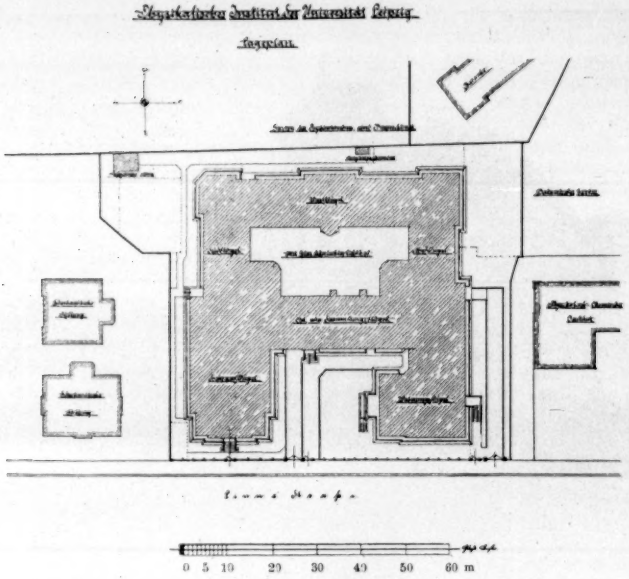


Fig. 3.

des Bauplatzes des neuen Instituts; tiefer konnte man ohne Umstände wegen des sich ansammelnden oberflächlichen Wassers nicht gehen. Aber nirgends fand sich die gewünschte Erschütterungsfreiheit. Am schlagendsten war ein Versuch im neuen Gebäude des physiologischen Instituts. Dort befindet sich ein 3,50 Meter unter dem Straßenniveau gegründeter isolierter Pfeiler. Auf diesem Pfeiler erlitt das Instrument merklich größere Erschütterungen, als wenn man es unmittelbar daneben auf den gewachsenen Boden aufsetzte. Der Versuch lehrte, daß die Erschütterungen bis zu jener Tiefe reichten und der Pfeiler, wie ein einseitig eingeklemmter Stab, die Schwingungsausschläge vergrößerte, eine Wirkung, die bei einem größeren isolierten Block natürlich ausgeblieben wäre.[1]) Das Ergebnis war schließlich nicht verwunderlich. Denn die den Schallwellen verwandten Erschütterungswellen werden noch weniger als jene an die geradlinige Ausbreitung gebunden sein. Und ganz Leipzig ist einem fortwährend selbsterzeugten kleinen Erdbeben ausgesetzt, das nur nachts von 12—1 ½ Uhr auf ein bescheidenes Maß zurückgeht. Immerhin war das Ergebnis des Versuchs nicht ohne weiteres zahlenmäßig vorauszusehen und hatte eine Ersparnis von 100000 Mk. zur Folge.

Die Erschütterungen der Instrumente aber müssen mit Juliusschen Aufhängungen und ähnlichen Anordnungen bekämpft werden. Versuche, die noch größerer Festigkeit der Aufstellung bedürfen, müssen auf Felsenboden fern vom Großstadtgetriebe angestellt werden, vielleicht im Gelehrtendorf der Zukunft. Auf den Universitäten muß man und kann man schließlich auch sich in dieser Hinsicht bescheiden.

Ein bedeutend niedrigerer Graben wurde aber doch beibehalten, um das Gebäude gegen die Befeuchtung durch die im Baugrunde zwischen Lehmschichten rieselnden Oberflächengewässer zu schützen. Inwiefern er auch die aus unmittelbarer Nähe von der Straße kommenden Erschütterungen abzuschwächen imstande ist, könnten erst besondere Versuche zeigen.

Was nun die Bauart eines physikalischen Instituts anlangt, so hat man schon den Vorschlag gemacht, sie nach Art von Baracken und Fabrikschuppen zu wählen, die man jederzeit leicht den veränderten Verhältnissen anpassen könnte. Dabei muß man nur beachten, daß bei der Ausbreitung der Räume eines dreistöckigen Gebäudes in ein einziges Geschoß die dreifache Baufläche gefordert wird. Man erkennt sofort die Schwäche eines solchen Vorschlags für eine große Stadt, in der der Grund

1) Es soll damit nicht gesagt sein, daß der Pfeiler seinen Zweck, die im Gebäude selbst erzeugten Erschütterungen in ihrer Wirkung auf die Instrumente abzuschwächen, nicht erfüllte; in der Tat beobachtete ich, daß, solange die Arbeiter in dem damaligen Neubau klopften, das Instrument auf dem Pfeiler etwas ruhiger war als auf dem Boden daneben.

und Boden manchmal teurer ist als das ganze darauf errichtete Gebäude. Auch würden Barackenwände nicht die Festigkeit besitzen, die man von den Wänden verlangen muß, damit sie wenigstens gegen die Erschütterungen durch Wind oder durch die im Gebäude selbst erzeugten Stöße schützen.

Daß das Äußere nicht mit Verputz, sondern mit Verblendziegeln hergestellt wurde, war zum Vorteil des Instituts, das so von der Belästigung durch Staub bei den Reparaturen verschont bleibt.

Daß es aber so schön würde, wie es wurde (Ansicht von der Linnéstraße aus s. Fig. 2 S. 7), hat der Physiker nicht verlangt; er hat aber auch keinen Widerspruch dagegen erhoben, teils beruhigt durch die Mitteilungen der Beamten des Kgl. Landbauamtes, daß ein erheblicher Mehraufwand nicht in Frage käme, teils in der Meinung, daß man den Herren Architekten diese Freude am Bau wohl gönnen könne. Denn wieviel Selbstverleugnung wurde von ihnen gefordert, wo das Zweckmäßige mit dem Schönen in Gegensatz kam, wieviel Geduld bei der Berücksichtigung der vielen Wünsche der Institutsdirektoren, denen eben doch allein die Bedürfnisse des künftigen Betriebes genau bekannt waren.

Besonders anerkennen muß ich auch die außerordentliche Vorurteilslosigkeit, mit der unsymmetrische Anordnungen nicht von der Hand gewiesen wurden. So kam der Turm dahin, wo der Physiker ihn brauchte, nicht dahin, wo der Architekt ihn vielleicht am liebsten gestellt hätte. So freute ich mich hier dem neuen Schönheitsideal zu begegnen, das charakteristische Schönheit in der Vermählung des Zweckmäßigen mit der reinen Formschönheit erblickt.

Der Forderung, zwei Institute aufzunehmen, nämlich physikalisches und theoretisch-physikalisches, hätte vielleicht am besten durch die Aufführung zweier getrennten, benachbarten Gebäude entsprochen werden sollen. Dazu reichte aber der verfügbare Bauplatz nicht aus (s. Fig. 3). Es wurde daher dem theoretischen Physiker mehr die für exakte Messungen günstigere Nordseite des Instituts zugewiesen, ohne daß er nicht auch Räume nach Süden, der Experimentalphysiker auch Räume nach Norden erhielt. Ich hoffe, daß auch bei den zukünftigen Direktoren dieser beiden Institute das freundliche Einvernehmen herrschen wird, das die Brandmauer unnötig macht, die mir ein Kollege unabhängig von der Personalfrage empfohlen hatte.

Die Anordnung der Räume wurde durch die Forderung bestimmt, daß die Räume für wissenschaftliche Untersuchungen am meisten Festigkeit der Aufstellung gewähren und somit in den unteren Geschossen untergebracht werden sollten. Hörsäle, Sammlungen und Anfängerpraktika wurden damit in das Obergeschoß verwiesen. Der Grundriß, welcher diese Forderung erfüllte und zugleich das gegebene Baugelände am besten ausnutzte, war damit ziemlich gegeben (s. Fig. 4—7 auf besonderer Tafel, insbes. Fig. 6).

Lassen Sie uns daher auch diesen Grundriß (Fig. 6 auf Tafel) zunächst betrachten. Da sehen Sie die beiden großen Hörsäle[1]) auf dem südlichen und nördlichen Flügel mit zugehörigen Vorbereitungszimmern. Dazwischen liegen die großen Sammlungsräume. Von dem des physikalischen Instituts führt noch eine Wendeltreppe nach einem Sammlungsraum im Dachgeschoß, der ältere und seltener benutzte Apparate aufnimmt. In Hufeisenform, mit der Langseite nach Westen, sind die Anfängerpraktika angeordnet, voneinander getrennt das für Mathematiker, Chemiker und andere Studierende der Naturwissenschaft, und dasjenige für Mediziner und Pharmazeuten.

In allen Geschossen liegen die Korridore nach innen, einen Lichthof[2]) umschließend, der in doppelter Geschoßhöhe mit einem Glasdach bedeckt und auch heizbar ist. Er wird unschätzbare Dienste leisten in Fällen, wo die Experimente einen größeren Raum beanspruchen. Welche Erleichterung und Zeitersparnis wäre es z. B. für Heinrich Hertz gewesen, wenn ihm bei seinen Arbeiten ein solcher Raum zur Verfügung gestanden hätte. Er hatte mangels eines solchen gewisse Fragen anderen zur Entscheidung überlassen müssen.

Aber auch im täglichen Gebrauch ist er recht wertvoll. Er gestattet ungestörtes Abladen und Auspacken größerer Maschinen, da Pferde mit Wagen unmittelbar hereinfahren können. Sichere Unterkunft finden hier auch die Fahrräder des Institutspersonals und der Herren Studierenden, die jetzt unbehindert von der Perücke große Entfernungen nicht mehr scheuen.

Unter dem großen Hörsaal im Sockelgeschoß liegen die Kraftquellen, der Maschinenraum mit benachbartem Akkumulatorenraum, die Werkstätte und Tischlerei, im Erdgeschoß ein großer Experimentiersaal, der zunächst als das geeignete Arbeitsfeld für den künftigen technischen Physiker gedacht war, vorläufig mit Vorliebe für Experimente mit großem Apparatenaufbau benutzt wird.

1) Der Hörsaal für Experimentalphysik hat 282 regelmäßige Sitze, außerdem Klappsitze an den Seiten und Reitsitze hinter den letzten Bänken insgesamt 48; der Hörsaal für theoretische Physik hat 147 regelmäßige Sitze, außerdem Klappsitze an den Seiten und vor den vordersten Bänken insgesamt 32; in beiden Hörsälen können bei außergewöhnlichen Anlässen noch Stühle in ziemlicher Zahl aufgestellt werden. Der später erwähnte kleine Hörsaal hat 50 regelmäßige Sitze.

2) Die Anregung dazu, ihn hier vorzuschlagen, gab mir der Lichthof des elektrotechnischen Instituts in dem Darmstädter Doppelbau für Physik und Elektrotechnik.

Der unmittelbar unter dem Experimentierraum des Hörsaals gelegene Raum ist in zwei Geschosse durchgeteilt, so daß für die vielen Röhren, Leitungen und Hilfsapparate ein bequem zugängliches Zwischengeschoß entsteht, das bei Reparaturen und Änderungen von der größten Bedeutung ist. Ich verdanke den Gedanken zu dieser Anordnung meinem Karlsruher Kollegen, Prof. Lehmann. [1])

Als besondere Räume sind noch hervorzuheben ein kleiner Hörsaal [2]) für schwächer besuchte Vorlesungen, das Bibliothek- und Lesezimmer, im Sockelgeschoß die photographischen Kammern, die Praktikantenwerkstätte, die chemische Sammlung und das chemische Zimmer, ein Photometerzimmer, in dessen Nachbarschaft im Freien ein Acetylenhäuschen sich befindet, welches das Gas der für photometrische Zwecke sehr geeigneten Acetylenflammen herüberschickt, und ein Raum für konstante Temperatur. [3])

Der Turm ist wertvoll für alle Versuche, die große Höhen fordern, wie Dehnungsversuche an Drähten, lange Manometer, barometrische Höhenmessung. [4]) Die einzelnen Geschosse eignen sich außerdem ausgezeichnet zu optischen Zimmern, welche dank der günstigen Lage des Turmes bei klarem Himmel die Sonne fast den ganzen Tag über auszunutzen gestatten.

Ein kleines abseits liegendes Häuschen gewährt ein verhältnismäßig konstantes Feld für magnetische Untersuchungen.

Den Verkehr zwischen den Geschossen vermitteln neben den beiden Haupttreppen drei große und einige kleine Wendeltreppen. — Schwere Apparate und Maschinen (bis 675 kg) werden in einem elektrischen Aufzug mit Druckknopfsteuerung befördert. Er führt am Packraum, zwei Hörsälen und den Sammlungen vorbei.

Die Räume des theoretisch-physikalischen Instituts konnten noch von meinem Kollegen, Herrn Prof. Des Coudres, seinen besonderen Wünschen entsprechend eingeteilt werden. Er legte besonderen Wert auf eine umfangreiche und leistungsfähige Werkstätte.

Ich komme jetzt zur Besprechung der inneren Einrichtung. Die Niederdruckdampfheizungsanlage wurde von dem technischen Bureau des Kgl. Finanzministeriums unter Leitung von Herrn Baurat Trautmann entworfen. Ich bin ihm zu großem Danke verbunden für die eingehende Art, mit der er die besonderen Bedürfnisse des physikalischen Instituts berücksichtigt hat.

Da war vorweg eine wichtige Frage zu entscheiden: sollten die Heizkörper an das Fenster oder in das Innere der Zimmer gelegt werden? Der Heiztechniker würde im allgemeinen das erstere vorziehen. Ich fürchtete dagegen dadurch entstehende Störungen von Messungen in der Nähe der Fenster. Um mich aber genau zu unterrichten, machte ich zusammen mit meinem Assistenten, Herrn Reallehrer Marx, diesbezügliche Beobachtungen. Dazu stellte mir Kollege Chun sein Direktorialzimmer im zoologischen Institut zur Verfügung, welches neben einem an einer inneren Zimmerwand gelegenen Heizkörper auch in der Nähe der Fenster Heizröhren besaß. Das beistehende Bild gibt die Ergebnisse der Messungen an Thermometern wieder, die in einer Höhe von ungefähr 1 m über dem Boden aufgehängt waren. Da zeigt sich denn, daß das unmittelbar über dem Heizrohr am Fenster angebrachte Thermometer nach Dampfzulaß im Rohre nicht steigt, sondern fällt. Die zunächst verwunderlich erscheinende Beobachtung klärt sich auf, wenn man beachtet, daß der aufsteigende warme Luftstrom, der von dem angeheizten Rohre ausgeht, die von dem kalten Fenster hinabsinkende kalte Luft nachsaugt, wodurch der warme Luftstrom selbst gegen die Zimmermitte hin abgelenkt wird (s. Fig. 8).

Der Versuch lehrt, daß das erwärmte Heizrohr am Fenster die Ungleichförmigkeit der Temperatur daselbst vergrößert und somit auf dort anzustellende Präzisionsmessungen einen ungünstigen Einfluß haben muß. Auch die Änderung des Magnetismus der Heizkörper mit der Temperatur würde zu Störungen geführt haben. Sie wurden daher im allgemeinen von der Nähe der Fenster verbannt.

Zur Beleuchtung wurde der Billigkeit des Betriebes halber [1]) im wesentlichen Gasglühlicht benutzt. Um die Vorteile der elektrischen Be-

1) Vergl. jetzt auch die Darstellung in der von Lehmann herausgegebenen 7. Auflage von Fricks Physikalischer Technik 1. Bd., 1. Abt., S. 15, Braunschweig, Verl. von Vieweg & Sohn 1904.

2) S. Anm. 1 S. 16.

3) Er liegt im Sockelgeschoß und ist, wie der Plan zeigt, ringsum von innerhalb des Gebäudes gelegenen Räumen umgeben. Er ist heizbar, aber für gewöhnlich nicht selbst geheizt. Ein dort aufgestellter Thermograph zeigte innerhalb eines halben Jahres vom Februar bis August 1905 Schwankungen innerhalb des Bereiches von 16,0° C bis 18,7° C und wöchentliche Schwankungen von durchschnittlich 0,9° C, deren geringste 0,4, deren größte 1,4° C betrug, ohne daß absichtliche Regelungen in der Temperatur der umgebenden Räume vorgenommen wurden. Diese waren nur im Winter geheizt. Bei Regelung der Heizung wird man also wohl noch größere Konstanz erreichen können.

4) Eine unerwartete, für die Beurteilung seiner vielseitigen Brauchbarkeit lehrreiche Verwendung fand der Turm noch vor Fertigstellung des Instituts, indem Herr Liebenau für Zwecke seiner landwirtschaftlichen Dissertation „Die photogrammetrische Beurteilung des Tierkörpers" (Leipzig 1904) am Fuße des Turmes aufgestellte Kühe von seinem höchsten Balkon aus photographierte, um ihre von perspektiven Verschiebungen möglichst freien Grundrisse zu erhalten.

1) Da in Leipzig zurzeit die Kilowattstunde für Licht 70 Pf., das Kubikmeter Leuchtgas 18 Pf. kostet, so ist die Kerzenstunde gewöhnlichen elektrischen Glühlichts mehr als 8 mal so teuer als die des Gasglühlichts.

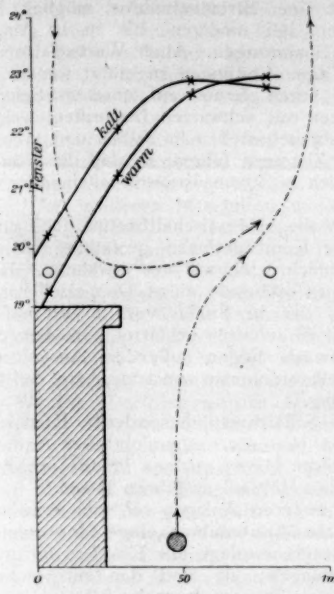


Fig. 8.

leuchtung, insbesondere den der raschen Erhellung der Räume nicht zu entbehren, wurde jeder Raum wenigstens mit einer Glühlampe ausgestattet. Nur Hörsäle und Praktikumsäle erhielten elektrische Dauerbeleuchtung mit Bogenlampen.

Was nun die Einzelheiten der inneren Einrichtung anlangt, so haben wir viele glänzende Vorbilder gehabt, und ich bin manchem Kollegen dankbar, der mir sein Institut gezeigt und mir gute Ratschläge gegeben hat. Besonders dankbar möchte ich aber hier gedenken des ehemaligen Präsidenten der physikalisch-technischen Reichsanstalt, Herrn Prof. F. Kohlrausch, und der Professoren Schering und Kittler in Darmstadt, den Direktoren des vortrefflichen physikalischen und elektrotechnischen Doppelinstituts, das ich schon bei dem Neubau des Gießener physikalischen Instituts [1]) mir zum Vorbild in mancher Hinsicht genommen hatte, und endlich des Herrn Prof. Lehmann in Karlsruhe, bei dem ich hinsichtlich der Einrichtung des Hörsaals und der Technik von Experimenten in großem Maßstabe viel gelernt habe. Wir glaubten auch einige neue Gedanken hinzugebracht zu haben; aber mit Sicherheit läßt sich das bei der allgemein weit vorgeschrittenen Laboratoriumstechnik nicht sagen. Kurz wir haben doch im wesentlichen nach der Goetheschen Vorschrift verfahren: „Was Du ererbt von Deinen Vätern hast, erwirb es um es zu besitzen.“ Gekünsteltes ist vermieden worden, und ich kann nach den vorliegenden nahe zweisemestrigen Erfahrungen sagen, daß alle Einrichtungsanordnungen auch gebraucht werden.

Die bekannten Holzklötze in den Wänden sind nicht angebracht worden, sie sitzen gewöhnlich doch nicht am rechten Fleck; und ein bischen Maurerarbeit kann das Institutspersonal, in das sich im Winter auch ein gelernter Maurer einreiht, selbst verrichten, andernfalls pflegt uns im Bedarfsfalle das Kgl. Universitätsrentamt die nötigen Arbeitskräfte mit einer Geschwindigkeit zu schicken, die ich nur dankbar anerkennen kann.

Eine Hauptsache ist aber, daß das Institut die Möglichkeit bietet, die verschiedenen Seiten der Physik zu pflegen, damit nicht der Nachfolger außer Stand gesetzt wird, anderswo begonnene Arbeiten hier fortzusetzen. Darauf ist aber wohl geachtet worden, und der exakt messende Physiker dürfte ebenso zu seinem Rechte kommen, wie der mehr experimentierende. Die Hauptbedingung dafür aber sind Räume in geeigneter Lage und von ausreichender Größe, und die sind reichlich vorhanden.

Es besteht hier nicht die Möglichkeit, in der verfügbaren Zeit alle dem Fachmann wertvollen Einzelheiten der Einrichtung zu besprechen. Aber auf die wichtigste, die elektrische, möchte ich doch etwas eingehen. Sie ist nicht bloß wichtig für elektrische Unter-

1) Es ist von W. Wien in dieser Zeitschrift beschrieben worden, 1. Jahrg. S. 155, 1899, das in demselben Gebäude befindliche physikalisch-chemische Laboratorium von K. Elbs in der Zeitschrift für Elektrochemie, 6. Jahrg., S. 525, 1899/1900. In dieser Schrift sind auch Angaben zur Entstehungsgeschichte des physikalisch-chemischen Laboratoriums enthalten. Das Verdienst, die maßgebenden Instanzen von der Notwendigkeit eines Neubaues für Physik überzeugt zu haben, gebührt Herrn Prof. F. Himstedt. Unter seiner Mitwirkung wurden auch die Pläne von Herrn Geh. Oberbaurat v. Weltzien im Großh. Ministerium in Darmstadt entworfen und von Herrn Bauinspektor Frenay in Gießen ausgearbeitet. Nach Himstedts Wegberufung nach Freiburg i. Br. im Herbst 1895 wurden sie unter meiner Mitwirkung endgültig festgestellt, wobei im wesentlichen nur noch einige nach Norden gelegene Räume für wissenschaftliche Arbeiten gewonnen und der Eingang aus dem Sockelgeschoß des Turmes wegverlegt wurde. Der Rohbau wurde im Frühjahr 1897 begonnen und im Frühjahr 1898 beendet und unterstand von Sockelgeschoßhöhe an der Leitung des Herrn Bauinspektor Becker. Er hat auch mit mir gemeinsam die Pläne für die innere Einrichtung ausgearbeitet und ihre Ausführung geleitet. Dabei wirkte auch der damalige Assistent am physikalischen Institut, Herr Dr. Scholl, mit, indem er insbesondere die mit mir besprochenen ersten Entwürfe an Mobiliar und Schaltbrettern zeichnete und allerlei sinnreiche Einzelkonstruktionen angab. Die Beleuchtungsanlage wurde unter Herrn Prof. Kittler in Darmstadt ausgearbeitet. Bei der Einrichtung des Hörsaals dienten in vieler Hinsicht die Einrichtungen, welche Prof. O. Lehmann im physikalischen Hörsaal der Techn. Hochschule in Karlsruhe getroffen hatte, zum Vorbild. Auf die innere Einrichtung konnte der im Frühjahr 1899 nach Gießen berufene Prof. W. Wien noch einigen Einfluß nehmen. Er zog im Herbst 1899 in das neue Institut um und besorgte auch die Ausstattung des Instituts mit neueren und größeren Apparaten. Diese wurde dann von dem im Frühjahr 1900 nach Gießen berufenen Prof. Drude beendigt.

suchungen, sie kann heute kaum bei irgendeiner umfangreicheren physikalischen Arbeit entbehrt werden. Hier muß ich vor allem meinen herzlichen Dank aussprechen den beiden Herren vom technischen Bureau im Kgl. Finanzministerium in Dresden, dem Herrn Baurat Trautmann und Herrn Landbauinspektor Wahl, welche dem von mir entworfenen Programm die denkbar vollkommenste Ausführung zu verleihen gewußt haben. Herr Baurat Trautmann hat hauptsächlich die Maschinenanlage, Herr Landbauinspektor Wahl die elektrische Anlage bearbeitet.

Greifen wir der Einfachheit halber irgendein Schaltbrett eines Einzellaboratoriums heraus (s. Fig. 9). Es besitzt zunächst Klemmen für die Stromquellen, die durch rote Inschriften kenntlich gemacht sind. Es sind da zweimal zwei Klemmen, die an die zweimal 110 Volt führenden Leitungen des städtischen Netzes angeschlossen sind. Ferner sieht man vier Klemmen, die zu unserer sogenannten Viererleitung

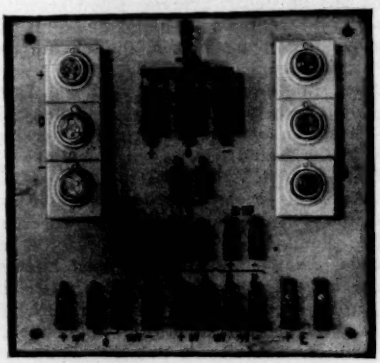


Fig. 9.

führen, deren Muster ich bei Herrn Kollegen Nernst in seinem früheren Göttinger Institut sah. Sie gestatten aus Institutsakkumulatoren in unserem Falle[1]) 6 verschiedenerlei Spannungen in Stufen von je 4 Volt zu entnehmen, und zwar von 4 bis 24 Volt, so daß der Experimentator jederzeit sowohl niedere als hohe Spannungen zur Verfügung hat. Sie haben nur den Nachteil, daß sie nicht ausreichend konstant sind für Präzisionsversuche. Daher sehen wir noch zwei mit E bezeichnete Klemmen, die zum Hauptschaltbrett im Maschinenraum führen; sie können dort an anderweitig nicht benutzte Akkumulatoren angeschlossen werden mit einer Gesamtspannung von 2 bis über 500 Volt. Dabei ist eine Stromentnahme möglich bis zu 50 Amp. bei niederen, bis zu 12 Amp. bei hohen Spannungen. Auch Wechselstrom kann durch diese Leitungen zugeführt werden.

Sie sehen ferner auf unserem Schaltbrett Klemmen mit schwarzen Inschriften, welche zu den Gebrauchsstellen im selben und in benachbarten Zimmern führen, so daß diese auch gelegentlich in Stromaustausch miteinander treten können.

Daß die Hörsaalschaltbretter noch umfangreichere Kombinationen gestatten, ist selbstverständlich. Ich will nur erwähnen, daß das vor Ihnen stehende einen Doppelzellenschalter besitzt, der in Stufen von 2 Volt auf 2 bis 72 Volt zu schalten gestattet. In dem Boden des Hörsaals liegen außerdem Anschlüsse an Akkumulatorenstrom von 1200 Amp. bei 8 Volt Spannung.[1])

Ein Schaltbrett besonderer Konstruktion und von besonders übersichtlicher Anordnung hat Kollege Des Coudres im theoretisch-physikalischen Hörsaal ausführen lassen.

An weiteren Anlagen sei noch erwähnt die elektrische Minutenuhrenanlage für absolute, die Sekundenuhrenanlage mit Klopfern für relative Zeitmessungen; sie sind den entsprechenden Anlagen in Darmstadt nachgebildet.

Als besonders wichtig hat sich die Klingel- und Telephonanlage für den innern Betrieb des Instituts herausgestellt, für die wir in dieser Weise kein Vorbild hatten, womit ich nicht sagen will, daß sie nicht in ähnlicher Weise auch anderswo schon ausgeführt sein könnte. Sie ermöglicht es jederzeit zwei Mitgliedern des Institutspersonals, gleichgültig wo sie sich im Institut befinden, miteinander zu sprechen, ohne daß sie sich weiter, als höchstens ein paar Schritte von ihrem augenblicklichen Aufenthaltsort zu entfernen brauchen. Zu diesem Zweck begibt man sich zu einer der 20 Telephonstationen, von denen also immer eine sich in unmittelbarer Nähe befindet, man gibt das Signal des Anzurufenden, welches in 16 im ganzen Institut verteilten Klingeln ertönt. Das Signal wird also überall gehört. Der Angerufene begibt sich zur nächsten Station, nimmt das Telephon ab und die Verbindung ist mit dem Druck der das Telephon haltenden Hand hergestellt.[2]) Die Verteilung der Klingeln ist

1) Nernst hatte und brauchte damals nur viererlei Spannungen in Stufen von 2 Volt, wobei auch 4 Leitungen gelegt waren. Damit kann man aber bis höchstens sechserlei Spannungen erreichen.

1) Für hohe Spannungen wurden neben den später erwähnten Maschinen vier transportable Akkumulatorenbatterien zu je 1000 Volt und 0,1 Amp. maximaler Entladestärke von Bornhäuser-Ilmenau angeschafft.

2) D. h.: die Telephone sind alle parallel einschaltbar; das Gespräch kann also auch von einem Dritten gehört werden, was hier kein Nachteil ist; im Gegenteil, es können so auch Besprechungen von 3 und mehr Personen telephonisch erledigt werden. Linienwähler oder Zentralschalter sind durchaus unzureichend in einem Falle, wo, wie hier, der Aufenthaltsort der Personen nicht genau bekannt ist und oft wechselt.

derart, daß an keiner Stelle eine übergroße Lautstärke stört. Ohne diese Anlage würde man sich halbstundenlang in dem Institut suchen können, ohne sich zu finden. Sie bildet gewissermaßen das Nervensystem des Institutskörpers.

Auch die instrumentellen Hilfsmittel konnten, dank dem Entgegenkommen von Regierung und Ständen, wesentlich ergänzt und erweitert werden. An größeren Maschinen und Apparaten seien erwähnt ein Luftkompressor für 10 Atm. Überdruck samt zugehörigen Preßluft- und Saugluftkesseln, eine dreipferdige fahrbare Dampfmaschine, welche in der Vorlesung demonstriert und mit Indikator untersucht werden kann, eine zweistufige Kohlensäurekältemaschine, die einen größeren Versuchsraum auf -35^0 C abzukühlen gestattet, ferner neben verschiedenen Gleich-Wechsel-Dreiphasenstrom-Dynamomaschinen und -Motoren üblicher Konstruktion ein fahrbar angeordnetes und auseinandernehmbares Aggregat von drei Maschinen, bestehend aus dem Motor in der Mitte und zwei Gleichstromdynamomaschinen zur Seite für je 5000, im ganzen also 10000 Volt Spannung bei 0,1 Amp. maximaler Stromstärke von Siemens-Schuckert, sodann zur Erzeugung von Gleichstrom bei noch höheren Spannungen eine Hochdruckinfluenzmaschine [1]) nach Töpler-Hempel-Lehmann von Leuner-Dresden, endlich ein Ultramikroskop nach Siedentopf und Zsigmondy.

Ich meine, daß dem Mangel einer großen Universität, der darin besteht, daß sich viele Studierende in die Arbeitskraft des Lehrers teilen müssen, einigermaßen ausgeglichen werden sollte durch die Vielseitigkeit des Unterrichtsstoffes und die Vielseitigkeit des Lehrpersonals.

Ich freue mich daher feststellen zu können, daß neben den beiden Ordinarien und unserem Honorarprofessor v. Oettingen noch drei Privatdozenten der Physik tätig sind und noch weiterer Privatdozentenzuwachs erwartet wird. Eine neue Anregung hat das Institut auch dadurch erhalten, daß Hr. Dr. Schumann, der Leipziger Entdecker des äußersten Ultravioletten, sich unter die Praktikanten gesellt hat. Trotzdem können wir uns mit der Reichhaltigkeit des Unterrichts in Göttingen noch lange nicht messen, wo besondere Professuren für Elektrotechnik, technische Physik und Geophysik errichtet sind. Ich glaube, daß auch in Leipzig sich das Bedürfnis nach Ergänzung des Lehrkörpers in dem bezeichneten Sinne immer mehr herausstellen wird, und hoffe im eintretenden Falle nach wie vor auf die wohlwollende Gesinnung von Regierung und Kammern rechnen zu können. Freilich glaube ich, daß dem Institut zunächst eine kleine Entwicklungspause gut tun wird, in der es seine innere Organisation befestigt und sich erst vollkommen den eingetretenen größeren Verhältnissen anpaßt.

Ich komme zum Schluß. Er klinge aus in ein Bekenntnis herzlichen Dankes an alle, die das große Werk, dessen Vollendung wir heute feiern, gefördert haben. Wir danken vor allem dem Königlichen Ministerium des Kultus und öffentlichen Unterrichts, das für den Neubau eingetreten ist, insbesondere unserem verehrten Herrn Minister, Exzellenz Dr. v. Seydewitz, und unserem verehrten Herrn Ministerialdirektor Geheimen Rat Dr. Wäntig, der uns heute durch sein Erscheinen geehrt hat; wir danken den beiden Ständekammern, welche die nicht unerheblichen Mittel bewilligt haben; den Beamten des Kgl. Finanzministeriums, insbesondere Herrn Oberbaurat v. Waldow und den beiden Herren vom technischen Bureau, Herrn Baurat Trautmann und Herrn Landbauinspektor Wahl, den Beamten des Kgl. Landbauamts, insbesondere Herrn Bau- und Finanzrat Seidel und dem, der die größte Arbeitskraft an das Werk gesetzt, Herrn Bauinspektor Schulze, endlich allen Herren Assistenten [1]), die mich unterstützt haben, vor allem Herrn Reallehrer Eduard Marx, und Herrn Universitätsmechaniker Donner, der sich um Werkstätte und Sammlung besonders verdient gemacht hat, und allen, die mitgeholfen haben vom Fabrikanten bis zum letzten Arbeiter und Ihnen allen, die durch ihr Erscheinen Teilnahme für das Institut bewiesen haben. Mein Kollege Des Coudres bittet mich, diesen Dank auch in seinem Namen auszusprechen.

An uns, die wir das neue Institut benutzen, ist es jetzt, uns des vortrefflichen Rüstzeugs, das uns beschert ist, würdig zu erweisen, es mit allen Kräften zu nutzen zur Förderung von Unterricht und Forschung, an uns ist es auch, uns würdig zu erweisen der Arbeit unserer

1) Sie besitzt 60 Platten von 30 cm Durchmesser und ist in einen Kessel eingebaut, der bis zu 4 Atm. Überdruck gefüllt werden kann. Herr Prof. Max Töpler, der vor ihrer Absendung aus Dresden orientierende Versuche damit anstellte, teilte mir mit, daß sie bei 12 Umdrehungen in der Sekunde und bei 3,7 Atm. Überdruck einen Strom von 3,47 Milliamp. lieferte bei 40000 Volt Spannung, einen Strom von 0,10 Milliamp. bei 210000 Volt Spannung. Die Maximalleistung lag mit etwa 380 Watt bei 135000 Volt mit einem Nutzeffekt von etwa 33 Proz.

1) Bei der Aufstellung der Entwürfe zur innern Einrichtung haben mich wirksam unterstützt der leider früh verstorbene Prof. O. Wiedeburg und Hr. Dr. Dahms, bei den Entwürfen zu den elektrischen Anlagen insbesondere Hr. Dr. Kämpf. Ferner war wertvoll die gelegentliche Hilfe des Hrn. Dr. Scholl, dessen Gießener Entwürfe (s. Anm. S. 11) uns jetzt nützlich waren und der auch hier zweckmäßige Vorschläge bei Mobiliarkonstruktionen machte und insbesondere hübsche Konstruktionen von Projektionstischen von vielfacher Verstellbarkeit lieferte.

Vorfahren, welche geholfen haben zu der gewaltigen Entwicklung von der Klosterzelle bis zu den heutigen Universitätsinstituten. Man hat aufgehört, die neuen Entdeckungen, Zusammenhänge und Wahrheiten zu fürchten, deren Kenntnis von ihnen ausgehen. Man weiß, daß sie Keime bilden für eine Saat des Gedeihens und der Macht unseres Volkes, ich möchte hinzufügen auch der Gesittung. Denn weit ab weist der naturwissenschaftliche Standpunkt, wie ich ihn wenigstens auffasse, jene Lehren, die heute das Gemüt unserer Jugend umwerben. Der soziale Instinkt und Zusammenhalt ist es mit, der das Menschengeschlecht aus der Tierwelt emporgehoben hat, und in dem uns noch bevorstehenden großen Kampfe der Völker wird nicht das Volk als Sieger hervorgehen, welches über die größte Zahl von Herrenmenschen und Egoisten verfügt, sondern über die größte Zahl solcher, die sich für das Wohl des Ganzen zu opfern bereit sind, nicht bloß auf dem Felde der Schlacht, sondern auch der friedlichen Arbeit. Wir wissen ganz genau, daß diese nur möglich ist unter dem Schutze eines starken Staates; mögen uns Zeiten erspart bleiben, in denen unser schönes Institut während einer zweiten Schlacht bei Leipzig sich in ein Lazarett verwandeln würde. Darum bitte ich Sie zum Schluß Ihre Gedanken zu richten auf unseren erlauchten Landesvater, den Erben edler Traditionen der Pflege von Kunst und Wissenschaft im Frieden, der Führerschaft der Heere im Krieg. Ich bitte Sie mit mir zu rufen: Seine Majestät der König Friedrich August von Sachsen lebe Hoch! Hoch! Hoch!

(Eingegangen 4. November 1905.)

Über einige Eigenschaften des Aktiniums.

Von A. Debierne.

Bekanntlich können die radioaktiven Elemente unter verschiedenen Umständen Substanzen liefern, die gleichfalls radioaktiv sind, deren Aktivität jedoch mit der Zeit in je nach der Bildungsart verschiedener Weise abnimmt. Herr Rutherford hat eine vollständige und heute allgemein angenommene Theorie der Bildung dieser Substanzen gegeben, die man durch induzierte Radioaktivität erhält.

Nach dieser Theorie, die zum Ausgangspunkt die von Herrn und Frau Curie geäußerte Hypothese hat, daß radioaktive Körper in Umwandlung begriffene Atome sind, erfährt das radioaktive Atom eine Reihe aufeinanderfolgender Zersetzungen und werden uns die verschiedenen Phasen dieser Atomumwandlung durch die verschiedenen Formen induzierter Radioaktivität kund. Jede Form induzierter Aktivität charakterisiert die Umwandlung einer gewissen, vom „Zerfall" des radioaktiven Atoms herrührenden Materie.

Man hat in gewissen Fällen die Reihenfolge der Umwandlungen bestimmen und die Verschiedenheiten der physikalischen oder chemischen Eigenschaften dartun können, die zwischen den aufeinanderfolgenden Zerfallsprodukten bestehen. So ist die Umwandlung von Thorium in folgender Weise dargestellt worden: Das Thoriumatom erzeugt zunächst bei seiner Zerstörung eine besondere Materie, das Thorium X, das vom Thorium durch Ausfällen von Thoriumhydrat mit Ammoniak abgetrennt werden kann; das Thorium X bleibt in Lösung und kann durch Verdampfen gewonnen werden. Thorium X verschwindet seinerseits allmählich und verwandelt sich in ein gasförmiges Produkt, die Thoriumemanation; das Verschwinden von Thorium X ist nach vier Tagen zur Hälfte erfolgt. Die Emanation verschwindet gleichfalls und erzeugt eine feste Verbindung, das Thorium A; die Abnahme ist in einer Minute auf den halben Wert gelangt. Thorium A nimmt in 11 Stunden um die Hälfte ab und liefert Thorium B, das seinerseits in 55 Minuten zur Hälfte verschwindet. Thorium B gibt dann Thorium C, und die aufeinanderfolgenden Zersetzungen liefern schließlich wahrscheinlich einen nicht radioaktiven Körper.

In einer kürzlichen Arbeit hat Herr Godlewski[1]) eine ähnliche Darstellung des Zerfalls von Aktinium geliefert. Das erste Umwandlungsprodukt von Aktinium ist von Herrn Godlewski mit dem Namen Aktinium X bezeichnet worden. Es kann gleichfalls mit Hilfe von Ammoniak abgetrennt werden; das Aktinium wird ausgefällt und Aktinium X bleibt in Lösung. Aktinium X verschwindet allmählich, und die Abnahme ist in 10,2 Tagen auf die Hälfte erfolgt; es liefert dann die Emanation. Herr Godlewski gibt für letztere einen in 3,7 Sekunden[2]) zur Hälfte erfolgenden Abfall an. Die Emanation verschwindet und liefert Aktinium A, dessen Abnahme in 36 Minuten zur Hälfte erfolgt ist. Aktinium A liefert Aktinium B, dessen Abnahme in 1,5 Minuten zur Hälfte erfolgt ist, und dieses liefert dann Aktinium C.[3])

1) Phil. Mag., Juli 1905.

2) Ich hatte früher (C. R. Februar 1904) die Zahl 3,9 Sekunden angegeben, die ich für genauer halte, da sie durch eine große Anzahl Messungen an einem sehr aktiven Präparat erzielt worden ist.

3) Die von mir zunächst angegebene Zahl ist 40 Minuten; etwas später hat Fräulein Brooks 41 Minuten angegeben, dann Elster und Geitel 34 Minuten, während Herr Hahn 35 und 27 Minuten und schließlich die Herren Meyer und Schweidler 35 Minuten angegeben haben. Ich habe bei anderen Versuchen 36 Minuten erhalten. Die Unterschiede

Die oben angegebenen Resultate und Schlußfolgerungen stimmen vollständig mit den Beobachtungen überein, die ich bei meinen Versuchen an Aktinium habe machen können. Ich möchte nur an einige Tatsachen erinnern, die ich früher veröffentlicht habe, von denen aber Herr Godlewski keine Kenntnis zu haben scheint.

Ich habe zunächst in einer im Jahre 1900[1]) erschienenen Notiz gezeigt, daß man aus Aktinium Präparate erhalten kann, deren Aktivität mit der Zeit abnimmt. Ich gebe nämlich an, daß, wenn man ein Bariumsalz zu einer Aktiniumlösung hinzufügt und hierauf das Aktinium durch Ausfällen mit Ammoniak abscheidet, der das Barium enthaltende lösliche Teil zeitweise radioaktiv ist. Die Trennungsmethode ist also identisch mit der von Herrn Godlewski bei Aktinium X mit vorheriger Hinzufügung eines Bariumsalzes angewandten, und die Aktivität des so erhaltenen Bariums, das ich durch Kristallisation habe fraktionieren können, rührt sicherlich von der Anwesenheit von Aktinium X her.

Ich gebe ferner an, daß die Aktivität nach Verlauf von drei Wochen auf ein Drittel ihres ursprünglichen Wertes gesunken ist und eine Zeitkonstante von derselben Größenordnung wie die von Herrn Godlewski für Aktinium X[2]) angegebene liefert.

Das Aktinium X läßt sich auch bei anderen chemischen Reaktionen abscheiden und dies ist eine Quelle von Schwierigkeiten, die sich beim Konzentrieren des Aktiniums darbieten.

Ich habe ferner eine Notiz veröffentlicht[3]), in der von Versuchen berichtet wird, die einen Schluß auf das Vorhandensein einer anderen Umwandlungsform von Aktinium gestatten. In dieser Notiz gebe ich an, daß die von dem festen Salz abgegebene Emanation nicht unmittelbar die induzierte Radioaktivität liefert, daß sie vielmehr zunächst nur die Ionisierung hervorruft, und daß auf diese erste ionisierende und in 3,9 Sekunden auf die Hälfte herabsinkende Emanation eine zweite, die induzierte Radioaktivität liefernde Emanation folgt. Diese nimmt in 1,5 Sekunden um die Hälfte ab.

Schließlich habe ich kürzlich gezeigt, daß Aktinium kontinuierlich Helium erzeugt.[4]) Nach der Rutherfordschen Theorie muß man dieses Helium gleichfalls als ein Zerfallsprodukt von Aktinium ansehen.

Ich habe ferner in allen meinen Aktiniumpräparaten kleine Mengen Radiumemanation gefunden, bei denen der Abfall auf die Hälfte in vier Tagen abgeschlossen war und die die entsprechende induzierte Radioaktivität mit einer in 28 Minuten erfolgenden Abnahme auf die Hälfte ergaben.[1]) Es scheint mir nicht bewiesen zu sein, daß diese Emanation auf Rechnung des Vorhandenseins einer kleinen Radiummenge kommt.

Herr Godlewski hat gleichfalls die Aktiniumstrahlung untersucht. Er gibt ein interessantes Ergebnis an, das ich schon unabhängig von ihm konstatiert aber noch nicht veröffentlicht hatte. Bei der Untersuchung des Absorptionsgesetzes der β-Strahlen von Aktinium hat Herr Godlewski nämlich festgestellt, daß die Absorption mit der Dicke der absorbierenden Körper nach einem einfachen Exponentialgesetz variierte; er schließt daraus, daß die β-Strahlung homogen ist. Ich habe diese Homogeneität nach einem anderen Verfahren festgestellt, indem ich auf photographischem Wege die Ablenkung der β-Strahlen in einem Magnetfelde beobachtete. Man stellt auf diese Weise fest, daß an Stelle einer starken Dispersion durch das Feld, wie dies bei Radium der Fall ist, wo Strahlen von sehr verschiedenen Geschwindigkeiten vorhanden sind, ein so ziemlich ebenso schmales abgelenktes Strahlenbündel wie das nicht abgelenkte erhalten wird.

Ich habe schließlich einige Bemerkungen zu einer kürzlich veröffentlichten Arbeit von Herrn Marckwald zu machen.

Herr Marckwald gibt in seiner Arbeit an, daß er aus Pechblende habe Thorium gewinnen können, das große Mengen von Aktiniumemanation von sich gegeben und dessen zunächst sehr bedeutende Aktivität mit der Zeit erheblich abgenommen hätte, und ferner seltene Erden, deren zunächst sehr schwache Aktivität später infolge der Bildung der ersten Emanationssubstanz sehr stark zugenommen hätte. Herr Marckwald schließt hieraus, daß die die Emanation von sich gebende Materie, die mit der Zeit sehr beträchtlich abnimmt, die von mir mit dem Namen Aktinium bezeichnete wäre, während die später von Herrn Giesel mit dem Namen Emanium bezeichnete Substanz die in den seltenen Erden verbleibende und nicht direkt Emanation erzeugende wäre.

Diese Schlußfolgerungen stehen in vollständigem Gegensatz zu dem, was ich bisher über Aktinium angegeben habe. Aus dem Vorhergehenden ist nämlich zu ersehen, daß ich zuerst die Erzeugung von Substanzen aus

zwischen diesen Zahlen sind größer als die nach den Radioaktivitätsmessungen möglichen. Ich glaube, daß sie daher rühren, daß die induzierte Radioaktivität nicht unter denselben Bedingungen hervorgerufen wurde.

1) C. R., Juli 1900.

2) Der von Herrn Godlewski angegebene Wert ist viel genauer, er ist durch die Versuche der Herren Meyer und Schweidler bestätigt worden.

3) C. R., Februar 1904.

4) C. R., August 1905.

1) Es ist möglich, daß die Abweichungen zwischen den Werten der induzierten Radioaktivität von Aktinium von der Anwesenheit dieser Emanation herrühren.

Aktinium angegeben habe, deren Aktivität mit der Zeit langsam abnimmt; in der Notiz, die ich über den Gegenstand veröffentlicht habe [1]) und die viel früheren Datums als die ersten Veröffentlichungen von Herrn Giesel ist, gebe ich an, daß der hauptsächliche Unterschied zwischen dem aktivierten Präparat und Aktinium der ist, daß seine Aktivität mit der Zeit abnimmt, während die des Aktiniums zunächst zunimmt und dann konstant bleibt.

Ich muß hinzufügen, daß ich mich bei allen meinen Versuchen darauf beschränkt habe, nur Präparate zu verwenden, die nach einer gewissen Zeit eine konstante Aktivität behielten. Von diesen Präparate enthielten einige erhebliche Beträge an Thorium. Der Name Aktinium *X*, den Herr Godlewski und die Herren Meyer und Schweidler zur Bezeichnung der Substanz anwenden, die die Emanation von sich gibt und mit der Zeit allmählich verschwindet, steht vollständig im Einklang mit den bei anderen radioaktiven Körpern befolgten Regeln. Der Name Aktinium muß für die neue Substanz vorbehalten bleiben, die die Anfangsursache der Radioaktivitätserscheinungen ist. Was die Gieselsche Substanz anbelangt, so habe ich schon gezeigt, daß sie mit Aktinium identisch ist, und diese Identität wird jetzt allgemein zugegeben.

1) C. R., Juli 1900.

Ich will nochmals daran erinnern, daß in meiner ersten Mitteilung über Aktinium [1]) die Fällung mit seltenen Erden als eine der Eigenschaften der neuen Substanz angegeben ist: nachdem ich dann angegeben hatte, daß Demarçay spektroskopisch die Anwesenheit eines erheblichen Thoriumbetrages in einem sehr aktiven Präparate festgestellt hätte, habe ich hinzugefügt, „daß man jedoch nicht versichern könne, ob die aktive Substanz das Thorium bei allen seinen Reaktionen begleiten würde".

Herr Giesel hat später angegeben, daß die Aktivität sich mit Lanthan konzentrieren ließe. Ich habe später [2]) in Gemeinschaft mit Herrn Urbain angegeben, daß bei dem allgemeinen Fraktionieren aktiver seltener Erden durch Kristallisierung der Doppelnitrate Lanthan in inaktivem Zustande erhalten wird, und daß sich Aktinium in den löslichen Teilen, die reich an Neodym und Samarium sind, konzentriert. Letzteres Ergebnis ist durch eine kürzliche Arbeit des Herrn Giesel bestätigt werden. [3])

1) C. R., April 1900.
2) C. R., Oktober 1904.
3) Berichte, Juli 1905.

Physiko-chemisches Laboratorium der Sorbonne, Paris.

(Aus dem Französischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 19. November 1905.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 77. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU MERAN.

W. Wien (Würzburg). **Über die partiellen Differentialgleichungen der Physik.**

Der Aufforderung der Mathematiker-Vereinigung, ein Referat über die partiellen Differentialgleichungen der Physik zu erstatten, bin ich gern nachgekommen, wenn ich mir auch klar darüber bin, daß ein Physiker einer solchen Aufgabe nur in sehr beschränkter Weise nachkommen kann. Aber die erfreuliche Tatsache, daß die Mathematiker in neuester Zeit den Problemen der Physik größeres Interesse entgegenbringen, vor allem aber das Bedürfnis der Physik selbst, eine umfassendere Mitarbeiterschaft an ihren mathematischen Problemen zu erhalten, haben mich bestimmt, das Referat zu übernehmen.

Ich werde mich daher auch nur auf den Standpunkt des Physikers stellen und zwar im wesentlichen pro domo sprechen, indem ich besonders diejenigen mathematisch-physikalischen Probleme, die mir am Herzen liegen und deren Bearbeitung mir ganz besonders erwünscht erscheint, herausgreife. Aus diesem Grunde wird das Referat auch keineswegs eine zusammenfassende Übersicht über den Stand der partiellen Differentialgleichungen liefern, zu deren Abfassung ich auch gar nicht befähigt wäre, da mir ein sehr großer Teil der rein mathematischen Behandlung der partiellen sowohl wie der gewöhnlichen linearen Differentialgleichungen vollkommen fremd ist. So kann ich z. B. die Fragen, die in dem Artikel über partielle Differentialgleichungen der mathematischen Enzyklopädie oder in dem Handbuch der linearen Differentialgleichungen von Schlesinger vorkommen, überhaupt nicht berühren, da sie Anwendung auf physikalische Probleme nicht gefunden haben und, soweit ich sehe, nicht finden können.

Von den physikalischen Problemen will ich aber auch alle diejenigen fortlassen, denen sich neue Seiten vorläufig nicht werden abgewinnen lassen, wie die akustischen und rein elastischen Probleme, ebenso wie die Wärmeleitung. Auch sonst muß eine Beschränkung schon wegen der mäßigen zur Verfügung stehenden Zeit eintreten,

und ich lasse daher auch alle Probleme der allgemeinen analytischen Mechanik beiseite.

Dagegen möchte ich beginnen mit Problemen der Hydrodynamik. Diese Disziplin hat sich allmählich zu einer rein mathematischen Domäne ausgebildet, in welcher Gelegenheit zur Anwendung fast sämtlicher analytischer Hilfsmittel geboten wird. Man kann sagen, daß jede analytische Eroberung gleichzeitig die Lösung eines hydrodynamischen Problems mit sich bringt. Aber der moderne Physiker pflegt sich für Hydrodynamik nur mäßig zu interessieren, obwohl sie noch ein Lieblingsgebiet von Helmholtz war. Der Grund scheint mir darin zu liegen, daß die aus der Hydrodynamik abgeleiteten Resultate meistens zu Folgerungen führen, die mit den tatsächlich beobachteten Erscheinungen in keiner Übereinstimmung stehen. Nur einige Reibungsprobleme lassen sich mit der Erfahrung vergleichen und führen in speziellen Fällen zu erträglicher Übereinstimmung. Dagegen können Resultate, wie die Bewegung fester Körper in einer Flüssigkeit, selbst wenn die Lösung in vollkommenster Weise gelingt, niemals auch nur entfernt mit den tatsächlichen Verhältnissen ähnlich gefunden werden.

Der Grund liegt daran, daß man in den Differentialgleichungen selbst nicht genügend die Verhältnisse der Wirklichkeit berücksichtigt.

Wir wissen nicht, ob die Berücksichtigung der Reibung durch das Hinzufügen der Reibungsglieder als Fundament für die hydrodynamischen Bewegungen zureichend ist, d. h. ob alle vorkommenden Bewegungen sich mit diesen Gleichungen in Übereinstimmung befinden.

Aber in den meisten Problemen wird auch die Reibung vernachlässigt, weil die mathematische Behandlung des allgemeinen Problems nicht durchführbar ist. Man nimmt daher an, daß die an sich schwache Reibung die Bewegungen nur mäßig verändern kann. Aber die hier liegenden Schwierigkeiten sind noch zum größten Teil unaufgeklärt. Bewegungen, die ohne Berücksichtigung der Reibung für labil gelten, können durch die Reibung stabil werden und umgekehrt. So weist z. B. Lord Kelvin erst in diesem Jahre darauf hin, daß ein gewöhnlicher Helmholtzscher Wirbelring sich im labilen Gleichgewicht befinde.

Besonders vergrößert werden die Schwierigkeiten durch die Grenzbedingungen, die für reibende Flüssigkeiten anders lauten als für nicht reibende.

Wir wollen hier einen sehr einfachen Fall betrachten, eine um eine Achse, die z-Achse, symmetrische Bewegung. Sei w die Geschwindigkeit in der Richtung der z-Achse, $\mathfrak{r}$ in radialer, $\varrho\mathfrak{y}$ in tangentialer Richtung, ϱ die Entfernung von der Achse, k^2 die Reibungskonstante, s das spezifische Gewicht. Wir können dann den Gleichungen für eine reibende Flüssigkeit genügen, wenn wir setzen

$$\mathfrak{r} = \frac{a}{\varrho}, \quad w = \frac{b}{\varrho^2}, \quad \mathfrak{y} = \frac{c}{\varrho^2}, \quad a = -\frac{4k^2}{s} = -0{,}14\,\frac{cm^2}{sec}.$$

Dann wird der Druck

$$\frac{p}{s} = -\frac{1}{2}\,\frac{a^2+c^2}{\varrho^2} + gz.$$

Ferner ist, wenn $\psi = az + \frac{1}{2}\,\frac{b}{\varrho^2}$,

$$\mathfrak{r} = \frac{1}{\varrho}\,\frac{\partial\psi}{\partial z}, \quad w = -\frac{1}{\varrho}\,\frac{\partial\psi}{\partial\varrho}.$$

In einer freien Oberfläche muß $\psi = \text{const}$, aber auch $p = \text{const}$ sein, wenn keine Reibung vorhanden wäre. Dann muß also, wenn ε eine neue Konstante bezeichnet:

$$a = \varepsilon g, \quad b = -\varepsilon(a^2 + c^2)$$

oder

$$\varepsilon = -\frac{4k^2}{sg},$$

daher

$$b = \frac{4k^2}{sg}\left(c^2 + 16\,\frac{k^4}{s^2}\right)$$

sein.

Nun ist aber die Bedingung $p = \text{const}$ keine ausreichende, da die allgemeinen Druckkomponenten an der Oberfläche beiderseits gleich sein müssen. Wählen wir $\frac{k^2}{s}$ d. h. a klein, d. h. kleine Reibung, dagegen C und damit b groß, d. h. große Rotation und vertikale Strömung, so sind die Abweichungen der Drucke an der Oberfläche vom konstanten Wert klein. Wir erhalten also eine Bewegung, die nicht ganz stationär ist, weil noch unausgeglichene Druckkräfte vorhanden sind, die aber nicht weit von einer stationären entfernt ist, wenn wir kleine Reibung haben. Die hier auftretende Bewegung entspricht einem Strudel, der von einer Linie $\varrho^2 z = \text{const}$ als einer freien Oberfläche begrenzt wird.

Dagegen ist ohne Reibung die ganze Bewegung unmöglich, weil für $k^2 = 0$, a, b, c verschwinden.

Betrachtungen wie diese zeigen, daß Vernachlässigung der Reibung manche Flüssigkeitsbewegungen gar nicht zur Darstellung bringen wird. Der Vergleich mit den wirklichen Flüssigkeitsbewegungen läßt uns nun aber die Frage aufwerfen, ob wir überhaupt je hoffen können, durch die Behandlung der Probleme auf Grund der Differentialgleichungen weiter zu kommen. Die hydrodynamischen Gleichungen sind nicht linear, die Fälle, in denen eine Integration möglich ist, dürften im großen

und ganzen erschöpft sein, und da schon die Behandlung linearer Differentialgleichungen unter Berücksichtigung der Grenzbedingungen schwierig ist, so wird man wohl mit Berechtigung sich fragen, ob wir derartige Hilfsmittel, wie sie hier gefordert werden, auch von einer sehr fortgeschrittenen Analyse verlangen können. Die Bewegungen, wie sie in den Wasserbewegungen der Natur vorkommen, sind so unregelmäßig und kompliziert, daß auch die mechanische Darstellung notwendig äußerst verwickelt ausfallen muß. Man muß sich aber sagen, daß eine solche detaillierte Behandlung der hydrodynamischen Vorgänge auch gar kein Interesse haben würde. Wir stehen hier offenbar vor einem ganz ähnlichen Problem wie vor der Wärmebewegung, wo ebenfalls die mechanische Auflösung der Molekularbewegung ebenso unmöglich wie wertlos ist.

In der Wärmelehre hilft man sich mit der Einführung von Mittelwerten und statistischen Überlegungen, und es ist das große Verdienst Boltzmanns, die Beziehungen zwischen derartigen Betrachtungsweisen und den allgemeinen Gesetzen der Wärmelehre aufgestellt zu haben.

Andererseits hat Helmholtz in seinen monozyklischen Systemen gezeigt, daß auch ganz einfache mechanische Bewegungen ähnlichen Gesetzen wie die Wärme gehorchen, wenn man sich in bezug auf die Einwirkung auf die Bewegung gewisse Beschränkungen auferlegt.

Der erste, der versucht hat, in die Hydrodynamik Mittelwertsbetrachtungen einzuführen, war Osborne Reynolds.[1]) Er war durch seine Versuche über die Strömung von Flüssigkeiten in Röhren dazu veranlaßt, nachdem er gefunden hatte, daß bei Überschreiten einer gewissen Geschwindigkeit, die von der Reibungskonstante und dem Röhrenquerschnitt abhängt, die gewöhnlichen von Poiseuille aufgestellten Gesetze nicht mehr ausreichen.

Es zeigen sich dann unregelmäßige Bewegungen, die Strömung erfolgt nicht mehr rein axial, sondern erfolgt in unregelmäßigen hin- und hergehenden Quer- und Längsströmungen. Ein großer Teil der Energie wird durch diese unregelmäßigen Strömungen verzehrt, und die axiale Strömung ist daher bei gleichen Drucken viel kleiner als dem Poiseuilleschen Gesetz entsprechen würde.

Die theoretischen Betrachtungen von Reynolds sind schwer verständlich. Lorentz[2]) hat sie in eine übersichtliche Form gebracht, und man kann in der Tat durch diese Überlegungen einen gewissen Einblick in die Vorgänge gewinnen.

Es scheint mir nun von vornherein klar zu sein, daß solche unregelmäßige Bewegungen nicht auf die Strömung in zylindrischen Röhren beschränkt sein können, sondern bei allen Bewegungen vorkommen müssen, wo die Flüssigkeit von festen Körpern begrenzt wird und die Geschwindigkeit gewisse Grenzen überschreitet.

Auf dieser Grundlage erscheint eine andere Behandlungsweise der hydrodynamischen Probleme möglich. Zunächst Einführung einer einfachen regelmäßigen Bewegung, wie sie sich an den bisherigen Darstellungen schon als möglich gezeigt hat, dann eine darüber gelagerte unregelmäßige Bewegung, die durch Mittelwerte eingeführt wird. Die Grundzüge einer solchen Theorie sind in den Arbeiten von Reynolds und Lorentz enthalten. Aber eine genauere Untersuchung über die Behandlung der unregelmäßigen Bewegung erscheint notwendig. Zunächst ist es, wie bei allen derartigen Behandlungsweisen, in gewissem Grade willkürlich, wie man die Mittelwerte bilden will, und es müßte gezeigt werden, welche hier die einzig zulässigen sind. Sodann ist es nicht ausgeschlossen, daß die in der Wärmelehre ausgebildeten Theorien auf sie Anwendung finden können. Die Flüssigkeitsbewegungen, um die es sich hier handelt, sind in hohem Grade ungeordnet. Man kann sagen, daß sie in gewissem Sinne nicht umkehrbar sind. Denn, man wird getrost behaupten können, daß wir keine Mittel besitzen, eine solche einmal eingetretene unregelmäßige Flüssigkeitsbewegung in eine vollkommene regelmäßige zu verwandeln, und es erscheint mir kaum zweifelhaft, daß dieser unregelmäßige Charakter in bestimmter Weise sich ausdrücken muß, wie es bei der Molekularbewegung und der monozyklischen der Fall ist.

Wenden wir uns jetzt zur Elektrodynamik. Dem von mir vor zwei Jahren ausgesprochenen Wunsche, eine genaue Analyse der Bewegung eines Elektrons zu erhalten, ist von Herrn Sommerfeld in sehr weitgehender Weise entsprochen worden.[1]) Wir besitzen in seinen Arbeiten eine Theorie der Bewegung einer kugelförmigen elektrischen Ladung von unveränderlicher Gestalt, die auf die meisten Fragen, die der Physiker stellen kann, eine Antwort zu geben vermag.

Das wesentliche Neue in diesen Untersuchungen ist das Verhalten von Elektronen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit oder Überlichtgeschwindigkeit bewegen.

1) Reynolds, Phil. Transact. 1883.

2) H. A. Lorentz, Over den weerstand dien een vloeistofstrom in eene cilindrische buis ondervindt, Koninklijke Akad. v. Wet. te Amsterd. 10. Juni 1897.

1) Sommerfeld, Gött. Nachr. 1904, S. 99 u. S. 363; Proceedings Acad. Amsterd. 1904, S. 346, Gött. Nachr. 1905, S. 201.

Besondere Aufmerksamkeit verdient das Resultat, daß die Gleichungen für die kräftefreie Bewegung keine Lösung haben sollen.

Hier scheinen mir aber doch noch Schwierigkeiten zu liegen, die einer noch eindringenderen Bearbeitung bedürfen. Zunächst scheint es mir mathematisch nicht ganz durchsichtig, wie eine Gleichung, welcher Art sie auch sein möge, überhaupt keine Lösung besitzen kann. Aber auch physikalisch ist das Ergebnis schwer zu verstehen. Wir können uns z. B. ein Elektron mit Unterlichtgeschwindigkeit durch eine Metallplatte geschleudert denken, der auf der andern Seite eine zweite Metallplatte gegenübersteht. Zwischen beiden sei ein Feld vorhanden, das das Elektron auf Überlichtgeschwindigkeit bringt. Wenn es durch die zweite Metallplatte geht, kommt es in ein kräftefreies Feld. Die Annahme, daß es nun plötzlich auf Unterlichtgeschwindigkeit sinkt, setzt doch voraus, daß es eine verzögerte Bewegung durchmacht, die ja auch ausgeschlossen sein soll.

Vom Standpunkt des Physikers wird man wohl zunächst an der Ansicht festhalten, daß die Überschreitung der Lichtgeschwindigkeit unmöglich ist.

Diese Folgerung ist ohne weiteres aus der Annahme zu ziehen, daß die Elektronen ihre Form mit der Geschwindigkeit ändern, indem sie in immer mehr abgeplattete Ellipsoide übergehen. Diese Annahme, die übrigens die einfachste ist, die man machen kann, ist neuerdings von Lorentz durch wichtige Gründe gestützt worden. Es scheint, daß die Ausarbeitung der Theorie für diesen Fall kaum erhebliche Schwierigkeiten machen wird, weil ein solches im Verhältnis $1 : 1 - \frac{v^2}{c^2}$ (v Translations-, c Lichtgeschwindigkeit) abgeplattetes Ellipsoid für den Bewegungszustand der Kugel im Ruhestand entspricht. Dadurch ist naturgemäß auch der mathematisch einfachste Fall bestimmt.

Von den sonstigen elektromagnetischen Problemen möchte ich hier noch die Beugung erwähnen, deren eingehendere Behandlung mir ganz besonders wünschenswert erscheint. Alle bisherigen Theorien der Beugung sind auf den Einfluß, den das Material des beugenden Körpers auf die Lichtwellen hat, nicht eingegangen. Andererseits zeigen die Versuche von Gouy[1]) und mir, sowie von Du Bois und Rubens[2]), daß ein solcher Einfluß vorhanden ist.

Die Fundamente für eine vollständigere Theorie der Beugung sind in der elektromagnetischen Lichttheorie gegeben.

Wir haben es mit elektromagnetischen Wellen zu tun, die an der Oberfläche der beugenden Körper entlang gleiten, wobei der ganze Vorgang durch die Maxwellschen Differentialgleichungen und die Grenzbedingungen bestimmt sein muß, ohne daß wir irgendeine Annahme über die Vorgänge an der Oberfläche zu machen brauchen. Eine vollständige Analyse muß den ganzen Vorgang darstellen und jede Frage beantworten können. Sind es lange Hertzsche Wellen, so haben wir in Leitern nur die Leitfähigkeit zu berücksichtigen, handelt es sich um Lichtwellen, so müssen die durch die Dispersionsglieder ergänzten Gleichungen herangezogen werden. Die Theorie ist keine andere als die der Reflexion an absorbierenden Medien.

Ein Anfang für solche Betrachtungen ist von J. J. Thomson[1]) gemacht, der den Einfluß einer leitenden Kugel auf eine ebene Welle bestimmt hat. Leider sind die von ihm gewonnenen Ergebnisse so kompliziert, daß eine übersichtliche Diskussion nur für den Fall sehr kleiner Dimensionen der Kugel möglich ist, für die eigentliche Beugungstheorie ist damit wenig gewonnen.

Die Theorie der Beugung an einem unendlichen Zylinder ist von Herrn Seitz[2]) für lange elektromagnetische Wellen durchgeführt. Er ist damit beschäftigt, die Theorie für Lichtwellen zu ergänzen, wo der Einfluß des Materials bereits zum Vorschein kommen muß.

Für diese Theorie sind die vorhandenen Hilfsmittel der Analysis jedenfalls ausreichend. Die Theorie der Besselschen Funktionen ist so ausgearbeitet, daß ihre Anwendung auf das vorliegende Problem keine prinzipielle Schwierigkeit darbietet.

Bei der Beugung an einem unendlichen Zylinder sind die experimentellen Bedingungen für die Beobachtung der Beugungserscheinungen nicht günstig. Geeigneter für die Beobachtung ist die Beugung an einem unendlich dünnen Schirm oder Spalt. Die mathematische Behandlung würde sich durchführen lassen, wenn die Funktionen des elliptischen Zylinders genau analytisch entwickelt wären. Lassen wir die Exzentrizität der Ellipse zunehmen, so können wir einen dünnen Schirm von unendlicher Länge in die Theorie einführen. Wählen wir statt der Ellipse eine Hyperbel, so kommen wir auf den Fall eines Spalts.

Mathematisch haben wir es mit der Differentialgleichung

1) Gouy, C. R. **97**, 1573, 1884; W. Wien, Wied. Ann. **28**, 117, 1886.
2) Du Bois und Rubens, Wied. Ann. **49**, 593, 1893.

1) J. J. Thomson, Recent Res. in Electricity and Magnetism; Oxford 1894, 361.
2) W. Seitz, Ann. der Phys. **16**, 746, 1905.

$$\Delta u + k^2 u = 0, \qquad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

zu tun. Wie H. Weber nachgewiesen hat, sind die elliptischen Koordinaten die einzigen, bei denen eine Integration durch eine Funktion

$$u = \varphi\,\psi$$

möglich ist, wo φ nur von der einen, ψ nur von der anderen Koordinate abhängt.

Für elliptische Koordinaten η und ξ erhalten wir die Gleichungen

$$\frac{d^2\varphi}{d\xi^2} - (k^2 \cos^2 i\xi - a)\,\varphi = 0$$

$$\frac{d^2\psi}{d\eta^2} + (k^2 \cos^2 \eta - a)\,\psi = 0.$$

Mit dieser Differentialgleichung haben sich eine Anzahl hervorragender Mathematiker beschäftigt, insbesondere Heine[1]), Lindemann[2]), Häntzschel[3]), Mathieu[4]), Särchinger.[5]) Für das physikalische Problem brauchen wir zunächst analytische Darstellungen der beiden partikulären Integrale, die auch für numerische Berechnungen brauchbar sind. Dann muß die Funktion, welche eine ebene einfallende Welle ausdrückt, nämlich $e^{i\,b\,x} = e^{i\,b\cos i\,\xi\cos\eta}$ in eine Reihe entwickelt werden, die nach den Funktionen des elliptischen Zylinders fortschreitet, die sich in die Form bringen läßt

$$e^{i\,b\cos i\,\xi\cos\eta} = a_0 + a_1\,\mathfrak{E}_1(\eta)\,\mathfrak{E}_1(i\xi) + a_2\,\mathfrak{E}_2(\eta)\,\mathfrak{E}_2(i\xi) + \cdots,$$

wo die a durch einfache bestimmte Integrale dargestellt werden.

Im Innern des elliptischen Zylinders nehmen wir einen metallischen Leiter an. Hier ist nur das eine partikuläre Integral brauchbar, weil das andere in den Brennpunkten der Ellipse einen unendlichen Differentialquotienten hat. Im äußeren Raume sind dagegen beide partikuläre Integrale heranzuziehen. An der Grenze sind die Bedingungen zu erfüllen, daß die tangentialen Komponenten der magnetischen und der elektrischen Kraft stetig sind. Bei dem elliptischen Zylinder muß nun an der Oberfläche, wo ξ konstant ist, u und $\frac{du}{d\xi}$ stetig sein.

Im inneren Raum haben wir zu setzen

$$u_1 = \sum b_n\,\mathfrak{E}_{1,n}(\eta)\,\mathfrak{E}_{1,n}(i\xi),$$

für den äußeren

$$u_2 = \sum a_n\,\mathfrak{E}_{2,n}(\eta)\,\mathfrak{E}_{2,n}(i\xi) + \sum c_n\,\mathfrak{E}_{2,n}(\eta)\,\mathfrak{F}_{2,n}(i\xi),$$

wenn wir mit $\mathfrak{F}$ das zweite partikuläre Integral bezeichnen. Da an der Oberfläche ξ konstant ist, so müssen die einzelnen Glieder, die gleiche Funktionen von η enthalten, zur Erfüllung der Grenzbedingungen gleich gemacht werden. Nun sind aber die $\mathfrak{E}_{1,n}$ von den $\mathfrak{E}_{2,n}$ verschieden, da sie sich auf andere Konstanten k der Differentialgleichung beziehen. Es müssen daher die $\mathfrak{E}$ in trigonometrische Reihen entwickelt werden und die Koeffizienten der trigonometrischen Funktionen gleichgesetzt werden. Durch die beiden Grenzbedingungen bestimmen sich dann die Koeffizienten dieser Reihen und somit auch die b_n und die c_n. Nun hat schon Heine solche trigonometrische Reihen angegeben und auch ein Verfahren, um die Koeffizienten als Näherungszähler und Nenner von unendlichen Kettenbrüchen zu berechnen. Er hat gleichzeitig gezeigt, daß die Bedingung, daß die $\mathfrak{E}$ nach η periodisch sind, die ja in diesem Falle erfüllt sein muß, nur dann erfüllt ist, wenn die a als Wurzeln einer transzendenten Gleichung bestimmt werden. Die Indices 1, 2, 3 ... n der Reihe beziehen sich auf diese in unendlicher Anzahl vorhandenen Wurzeln.

Obwohl nun die wirkliche Berechnung, wie bereits aus der Notwendigkeit, Doppelreihen anzusetzen, hervorgeht, nicht einfach sein kann, so wären doch die Mittel zur Berechnung analytisch gegeben, sobald man das zweite partikuläre Integral als Funktion von $\cos\eta$ besitzen würde.

Zwar hat Heine einen Ausdruck angegeben, in welchem das Integral durch Reihen dargestellt wird, die nach Besselschen Funktionen zweiter Art fortschreiten, aber die Richtigkeit dieser Entwicklung ist, wie es scheint mit Recht, von Häntzschel angezweifelt.

Andererseits sind von Lindemann alle Potenzbedingungen nach $\cos^2\eta$ untersucht.

Setzt man $\cos^2\eta = z$, so erhält man die Gleichung

$$4z(1-z)\frac{d^2y}{dz^2} + 2(1-2z)\frac{dy}{dz} + (k^2 z - a)\,y = 0$$

Es lassen sich nun zwar die beiden partikulären Integrale als Potenzreihen darstellen, die innerhalb des Einheitskreises konvergieren. Für das imaginäre Argument $i\xi$ ist indessen $\cos^2\eta > 1$, und die entsprechenden Reihen sind hier divergent. Bei der Heineschen Darstellung durch Reihen, die nach Sinus oder Kosinus der geraden oder ungeraden Vielfachen von η fortschreiten, können wir allerdings eine, aber nur eine dieser Reihen durch passende Wahl der Konstanten $\mathfrak{B}$ in der ganzen Ebene konvergent machen, und zwar gehen sämtliche Potenzreihen Lindemanns in diesem Falle in

1) Heine, Handbuch der Kugelfunktionen.
2) Lindemann, Math. Ann. **22**, 117.
3) Häntzschel, Programm d. Realgymn. in Duisburg Ostern 1886; Programm d. dritten höheren Bürgerschule zu Berlin, Ostern 1889; Zeitschr. f. Math. u. Phys. **31**, 25, 1883.
4) Mathieu, Liouville Journal (2) **13**, 1868.
5) Särchinger, Programm d. Gymn. Chemnitz 1894.

die Heineschen über. Es geht also die Darstellung des zweiten partikulären Integrals verloren, und es bleibt zunächst nur die Möglichkeit, das zweite Integral durch die Beziehung

$$y_2 = y_1 \int \frac{dz}{y_1^2 \sqrt{z\,(z-1)}}$$

wirklich auszurechnen.

Für die Berechnung der beiden partikulären Integrale ist aber möglicherweise die Anwendung halbkonvergenter Reihen, die nach Thomé in der Form

$$e^{g(z)}\, z^{\sigma} \left(a_0 + \frac{a_1}{z} + \cdots\right)$$

aufgestellt werden können, zweckmäßiger. Hier ist σ eine Konstante und $g(z)$ eine ganze rationale Funktion von z.

Es bedarf dann allerdings noch einer besonderen Untersuchung, welche dieser Reihen unsern Funktionen $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{H}$ entspricht.

Diskussion.

Sommerfeld: Indem ich der Kürze halber nur zum Gegenstande Elektronentheorie das Wort nehme, möchte ich die von Herrn Wien erwähnten absonderlichen Resultate besprechen, die ich für ein mit Überlichtgeschwindigkeit bewegtes Elektron theoretisch abgeleitet habe. Herr Kollege Wien hat aus diesen Absonderlichkeiten heute sowie in seinem gestrigen allgemeinen Vortrage[1]) den Schluß gezogen, daß die Grundlagen der Elektronentheorie einer Revision bedürfen. Diesem Schluß kann ich nicht beistimmen. Daß die Verhältnisse bei Überlichtgeschwindigkeit nicht anders als absonderlich liegen können, dürfte von vornherein klar sein; ja wir dürften wohl alle darin übereinstimmen, daß die Überlichtgeschwindigkeitsbewegungen überhaupt nicht physikalisch realisierbar sind. Gibt nun die Theorie von dieser Nichtrealisierbarkeit Rechenschaft? Nicht ohne weiteres. Wenn wir den Fall von Oberflächenladung ausschließen, bei der sich direkt eine unendlich große Kraft zur Erzeugung und Unterhaltung einer Überlichtgeschwindigkeitsbewegung als erforderlich berechnet, wenn wir also z. B. eine starre masselose Kugel mit gleichmäßiger Volumladung betrachten, so liefert die Theorie für jede vorgeschriebene Bewegung bestimmte endliche Kräfte, die an dem Elektron anzubringen sind, um die fragliche Bewegung zu ermöglichen. Es sind nun zwei Punkte, die Herr Wien beanstandet:

1. Betrachtet man den Durchgang des Elektrons durch einen bestimmten Überlichtgeschwindigkeitswert, so ergibt sich ein größerer Kraftbedarf, wenn die Bewegung verzögert, ein kleinerer, wenn sie beschleunigt ist.

1) Diese Zeitschr. **6**, 806, 1905.

2. Es gibt oberhalb der Lichtgeschwindigkeit weder eine beschleunigte, noch auch eine stetig verzögerte Bewegung, welche ohne Kraftzufuhr von statten gehen kann; ebensowenig ist die gleichförmige Bewegung mit Überlichtgeschwindigkeit im kräftefreien Felde möglich. Mit anderen Worten: Die Integralgleichung, welche den Bewegungsverlauf beherrscht, hat bei Überlichtgeschwindigkeit keine Lösung.

Punkt 1 glaube ich durch die folgenden Bemerkungen, die sich übrigens mit meinen Ausführungen in den Göttinger Nachrichten 1905 Heft 3 § 24 und 25 decken, vollständig klären zu können. Aus Punkt 2 habe ich, ähnlich wie Wiechert in den Göttinger Nachrichten 1905 Heft 1, geschlossen, daß das Elektron, wenn es einmal auf Überlichtgeschwindigkeit gebracht, sich selbst überlassen würde, plötzlich auf Lichtgeschwindigkeit herunterfallen müßte, womit die physikalische Unmöglichkeit der Überlichtgeschwindigkeit auch theoretisch belegt wäre. Diesen plötzlichen Abfall der Geschwindigkeit möchte ich hier durch eine Art Kontinuitätsbetrachtung wenigstens in etwas plausibel machen.

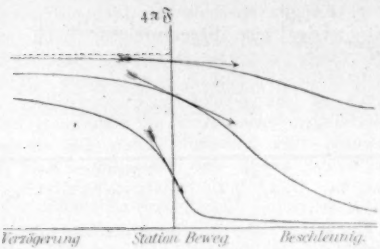
Zu 1. Es ist für die Dynamik der Elektronen (von den allereinfachsten quasistationären Bewegungen abgesehen) charakteristisch, daß sich der Kraftbedarf nicht nach dem augenblicklichen Bewegungszustande bemißt, sondern nach dem Bewegungsverlauf während eines endlichen Zeitintervalles von der Größenordnung $2a/c - v$, wo a der Elektronenradius, c die Lichtgeschwindigkeit und v die augenblickliche Bewegungsgeschwindigkeit des Elektrons bedeutet. Ferner sei vorausgeschickt, daß bei gleichförmiger Überlichtgeschwindigkeit eine Kraft $\mathfrak{H}$ vom Betrage

$$4\pi \mathfrak{H} = \frac{9}{4}\frac{\varepsilon^2}{a^2}\left(1 - \frac{c^2}{v^2}\right)$$

erforderlich ist, um die mit der Bewegung verbundene Energieausstrahlung zu ersetzen. Dabei ist ε die Ladung des Elektrons.

Haben wir es nun mit einer verzögerten Bewegung zu tun, z. B. in demjenigen Moment, wo $v = 2c$, so war in dem vorangehenden Intervall die Geschwindigkeit und daher auch der Energieverlust durch Strahlung um so größer, je schneller die Verzögerung ist. Die erforderliche Kraft wird daher um so größer sein, je schneller die Verzögerung. Als Grenzwert bei unendlich rascher Verzögerung, wo unmittelbar vor dem betrachteten Momente die Geschwindigkeit unendlich groß war, ergibt sich derselbe Wert von $\mathfrak{H}$ wie bei dauernd unendlich großer Geschwindigkeit, nämlich nach der angeführten Formel $4\pi\mathfrak{H} = 9\varepsilon^2/4a^2$.

In der Figur bedeuten die negativen Ab-



szissen Verzögerungen, die positiven Beschleunigungen. Nach der Ordinatenachse wird der Wert von $4\pi\mathfrak{H}$ aufgetragen, der dem verzögerten oder beschleunigten Durchgange durch die doppelte Lichtgeschwindigkeit entspricht. Unsere Kurve nähert sich für große negative Abszissen asymptotisch wachsend dem Werte $9\varepsilon^2/4a^2$ und schneidet auf der Ordinatenachse die Strecke $27\varepsilon^2/16a^2$ ab, welche der gleichförmigen Bewegung mit $v = 2c$ entspricht.

Dieselbe Überlegung, die die Zunahme der Kraft bei zunehmender Verzögerung erklärt, macht auch die Abnahme der Kraft bei zunehmender Beschleunigung verständlich. Dabei vergleichen wir auch jetzt immer solche Werte von $\mathfrak{H}$, die zu derselben Geschwindigkeit $v = 2c$ gehören. In der Tat war bei größerer Beschleunigung die in dem vorangehenden Zeitintervall herrschende mittlere Geschwindigkeit kleiner wie bei geringerer Beschleunigung. Diese mittlere Geschwindigkeit kann sogar bei sehr schneller Beschleunigung unterhalb der Lichtgeschwindigkeit liegen, wodurch sich der alsdann kleiner ausfallende Kraftbedarf erklärt. Bei unendlich großer Beschleunigung wird dieser Kraftbedarf ersichtlich gleich Null; denn in diesem Falle war ja das Elektron noch unmittelbar vor dem betrachteten Momente $v = 2c$ in Ruhe; ein der Bewegung entsprechendes Feld war überhaupt noch nicht vorhanden; also kann auch keine Rückwirkung des Feldes auf das Elektron auftreten. Unsere Kurve nähert sich daher für große Abszissen asymptotisch der Abszissenachse selbst.

Die zahlenmäßige Größe der einzelnen Kurvenordinaten habe ich l. c. durch Planimetrierungen gefunden. Zum Vergleich zeichne ich noch zwei Kurven schematisch ein, von denen die obere dem (verzögerten oder beschleunigten) Durchgange durch $v = 5c$, die untere demjenigen durch $v = 1{,}2c$ entspricht. Sie haben qualitativ denselben Verlauf wie die ausgezogene Kurve.

Ich glaube, daß durch diese Erörterungen der allgemeine Verlauf unserer Kurven vollständig geklärt ist. Insbesondere verliert nun auch die Tatsache den Schein des Absonderlichen, daß unsere Kurven im Schnittpunkte mit der Ordinatenachse eine nach unten gerichtete Tangente haben, eine Tatsache, die man als Auftreten einer (longitudinalen) negativen Masse deuten kann. In der Tat führt man ja den Trägheitsbegriff auf elektromagnetischer Grundlage unterhalb der Lichtgeschwindigkeit dadurch ein, daß man die stationäre Bewegung mit den benachbarten quasistationären vergleicht und den durch die Beschleunigung geteilten Kraftbedarf der letzteren als scheinbare oder elektromagnetische Masse anspricht. Die Übertragung auf den Fall der Überlichtgeschwindigkeit zeigt unmittelbar, daß hier die besprochene Tangentenneigung die scheinbare Masse repräsentiert und daß diese negativ ist. Der Trägheitsbegriff kehrt sich also oberhalb der Lichtgeschwindigkeit um bei kugelförmiger Volumladung; er hat, wie Wiechert l. c. hervorhebt, überhaupt keinen Inhalt bei den von diesem betrachteten Ladungsformen.

2. Das dynamische Grundgesetz des (masselosen) Elektrons besagt, daß die von dem Eigenfelde des Elektrons herrührende Kraftwirkung mit den sonst etwa vorhandenen äußeren Kräften im Gleichgewicht stehen soll. In unserem Falle, wo keine solchen äußeren Kräfte vorhanden sind, müßte sich das Elektron derart bewegen, daß die soeben konstruierte Kraftwirkung des Eigenfeldes verschwindet. Nach unserer Figur trifft dies aber für keine verzögerte und auch für keine beschleunigte Bewegung zu, wenn wir von dem trivialen Falle der unendlichen Beschleunigung absehen. Wir sehen uns daher vor die von Herrn Wien betonte ernstliche Schwierigkeit gestellt: Es ist theoretisch möglich, durch endliche — wenn auch sehr große — Kräfte das Elektron auf Überlichtgeschwindigkeit zu bringen und eine Zeitlang auf dieser zu erhalten; es ist unmöglich, eine stetige, mit der erzwungenen Überlichtgeschwindigkeit anhebende Bewegung anzugeben, welche das von den Kräften befreite Elektron weiterhin auszuführen imstande wäre.

Den einzigen Ausweg aus dieser Schwierigkeit habe ich (vgl. Göttinger Nachrichten 1905, 203) in der Annahme gesehen, daß das Elektron plötzlich auf Lichtgeschwindigkeit oder Unterlichtgeschwindigkeit herabfällt. Diesen Ausweg etwas plausibler zu machen, soll die folgende Kontinuitätsbetrachtung dienen.

Nehmen wir vorübergehend an, das Elektron hätte eine gewisse träge Masse gewöhnlicher Art. Dann wird sich z. B. für den Durchgang durch die Geschwindigkeit $2c$ auf Grund unserer Kurve eine gewisse Verzögerung abgreifen lassen, bei welcher die Trägheitskraft im gewöhnlichen Sinne, nämlich Masse mal Verzögerung, die Wirkung des Eigenfeldes ins Gleichgewicht setzt. Diese verzögerte Be-

wegung würde dem Grundgesetz der Elektronendynamik, wenn wir dasselbe sinngemäß auf mit wirklicher Masse behaftete Elektronen erweitern, genügen und stellt eine mögliche kräftefreie Bewegung des Elektrons dar. Lassen wir nun die wirkliche Masse abnehmen, so muß die Verzögerung in demselben Maße zunehmen, um wieder die Wirkung des Eigenfeldes ins Gleichgewicht zu setzen. Gehen wir in der Grenze zur Masse Null über, d. h. zu derjenigen Vorstellung, die wir uns mit guten Gründen von der physikalischen Beschaffenheit des negativen Elektrons gebildet haben, so entspricht dieser Grenze eine unendlich schnelle Verzögerung, d. h. ein plötzlicher Abfall von der ursprünglichen Überlichtgeschwindigkeit.

Ich gebe gern zu, daß diese Betrachtung etwas Künstliches hat, da sie aus dem sonst festgehaltenen Vorstellungskreise der masselosen Elektronendynamik heraustritt. Indessen ist wohl auch die ganze Frage nach dem Bewegungsverlauf bei Überlichtgeschwindigkeit eine künstliche, durch physikalische Mittel nicht zu entscheidende.

3. Dem vorangehenden Paradoxon stellt sich ein anderes an die Seite. Wir sahen soeben, daß sich bei der Kraft Null, oder allgemeiner bei zu kleiner äußerer Kraft keine stetige Bewegung angeben läßt, welche ein auf Überlichtgeschwindigkeit gebrachtes Elektron weiterhin auszuführen imstande wäre. Wir können andererseits sagen, daß bei zu großer Kraft, wenn nämlich die äußere Kraft den in unserer Figur auftretenden asymptotischen Grenzwert überschreitet, ebensowenig eine mit dem Grundgesetz der masselosen Elektronendynamik verträgliche stetige Bewegung möglich ist. Der fragliche Grenzwert ist gegeben durch $4\pi\mathfrak{F} = 9\varepsilon^2/4a^2$. Die entsprechende Kontinuitätsbetrachtung, bei der wir von einem mit wirklicher Masse begabten Elektron ausgehen und den Übergang zu verschwindender Masse machen, würde in diesem Falle einen plötzlichen Sprung auf unendlich große Geschwindigkeit erwarten lassen.

Was die Theorie des deformierbaren Elektrons betrifft, so wird man mit dieser füglich warten dürfen, bis Herr Kaufmann das Resultat seiner diesbezüglichen Messungen bekannt gegeben hat.

(Eingegangen 23. November 1905.)

E. **Warburg** (Berlin), **Bemerkungen über die chemische Wirkung der stillen Entladung.**

Der Vortragende besprach u. a. die verschiedenen Faktoren, welche die Ausbeute bei der Ozonisierung des Sauerstoffs durch die stille Entladung günstig beeinflussen können unter der Voraussetzung, daß der Herd der Ozonbildung auf den leuchtenden Teil der Gasstrecke beschränkt ist. Bei einer bestimmten der Gasstrecke zugeführten Elektrizitätsmenge bezw. elektrischen Arbeit sollte

1. ein möglichst großer Teil der Gasstrecke zum Leuchten gebracht werden;

2. sollte die Temperaturerhöhung und deshalb die Stromdichte im Ozonherd möglichst klein sein, da die durch Temperaturerhöhung hervorgebrachte Gasverdünnung ungünstig wirkt;

3. sollte die Ozonkonzentration im Ozonherde, zu deren Herabsetzung der elektrische Wind beiträgt, möglichst klein sein; dieselbe kann nämlich, auch wenn in dem den Apparat verlassenden Gasstrome sehr klein, doch im Ozonherd erhebliche Werte annehmen.

Das unter 2 Gesagte trägt vielleicht zu der günstigen Wirkung der Siemensschen Ozonröhre wesentlich bei.

Diskussion.

Wien: Sind Energiemessungen angestellt über die Mengen ultravioletten Lichtes, die dabei verzehrt sind? Das wäre eigentlich ganz interessant.

Warburg: Nein; das wäre nicht so leicht, da müßte die Absorption berücksichtigt werden.

Wien: Ich glaube, Pflüger hat mit Thermoelementen wohl Versuche in dieser Richtung angestellt.

Warburg: Ja, aber die Intensitätsbestimmung der Strahlen reicht nicht hin, man muß auch den Absorptionskoeffizienten kennen.

Wien: Jawohl, das ist richtig, den Absorptionskoeffizienten müßte man kennen. Er würde sich aber mit Thermoelementen bestimmen lassen.

Riecke: Nernst hat die Abhängigkeit des Gleichgewichts zwischen Ozon und Sauerstoff von der Temperatur untersucht. Ich möchte mir die Frage erlauben, ob die Resultate von Nernst in demselben Sinne liegen, wie die hier mitgeteilten.

Warburg: Nernsts Ergebnisse beziehen sich auf die spontane Ozonbildung nach dem Dissoziationsgesetz. Das würde man, meiner Erinnerung nach, erst bei etwa 6000° bekommen. Hier aber handelt es sich um gewöhnliche Temperaturen. Ich sehe da vorläufig keinen Zusammenhang.

Emil **Wohlwill** (Hamburg), **Ein Vorgänger Galileis im 6. Jahrhundert.**[1])

Untersuchungen über die Vorgeschichte des Galileischen Beharrungsgesetzes haben mich

1) Vortrag gehalten in der Abteilung für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften der Naturforscherversammlung zu Meran.

vor längerer Zeit dazu geführt, in der Lehre von der „eingeprägten Kraft" ein wichtiges Mittelglied zwischen der aristotelischen Lehre von der Erhaltung der Bewegung geworfener Körper und dem Grundgesetz der neueren Bewegungslehre zu erkennen.[1]) Nach Aristoteles wird die Fortdauer der Bewegung eines geworfenen Körpers, den der Bewegende nicht begleitet, entweder durch den eigentümlichen Mechanismus der Antiperistasis oder dadurch ermöglicht, daß mit dem geworfenen Gegenstand zugleich die Luft in Bewegung versetzt wird, die ihn umgibt, diese ihrer Natur gemäß den ihr mitgeteilten Zustand längere Zeit behält und auf die vor ihr liegenden Luftteile überträgt, und daß von den letzteren immer von neuem Bewegung auf den geworfenen Körper übertragen wird. Seine Bewegung verlangsamt sich in dem Maße, wie der Bewegungszustand der ihn umgebenden Luft sich abschwächt, sie endet, wenn diese Luft zur Ruhe gekommen ist. Gegen diese Lehre, die zum eisernen Bestand der peripatetischen Physik gehört, die in gelehrten Schulen noch des 17. Jahrhunderts vorgetragen wurde, richtete sich der Widerspruch der selbständigen Physiker des 16. Jahrhunderts. Ihr gegenüber verteidigt Galilei in einer erst in neuerer Zeit bekannt gewordenen Studie aus der Periode seiner beginnenden Forschertätigkeit[2]) die Ansicht, daß die bewegende Kraft ohne irgendwelche Vermittlung des Mediums auf den bewegten Körper selbst übertragen, ihm „eingeprägt" wird, aber wie bei Aristoteles der Bewegungszustand der Luft, so erlahmt bei Galilei naturgemäß, indem sie bewegend wirkt, die vis impressa; nicht durch äußere Widerstände, sondern durch die Abnahme der inneren bewegenden Ursache ist die Verlangsamung und das Aufhören der „gewaltsamen" Bewegung bedingt. Die vis impressa ist eine vis naturaliter deficiens.

Aber diese Vorstellung ist nicht Galilei eigentümlich; die Ausdrücke und die Begriffe vis impressa, motus impressus, impetus impressus haben sich nicht nur bei seinen unmittelbaren Vorgängern im Kampf gegen die aristotelische Physik — so bei Cardano, Benedetti, Giordano Bruno — nachweisen lassen, sie finden sich auch in unverkennbarer Identität der Auffassung bei Leonardo da Vinci und in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts bei Nicolaus von Cusa. Aber auch bei diesem schmeckte — um mich eines Descartesschen Ausdrucks zu bedienen — das Wasser nicht nach der Quelle. Es blieb übrig, den Mann zu finden, der dem Aristoteles gegenüber sagt: ich behaupte. Ich habe ihn nach vielem vergeblichen Suchen mit Hilfe derer gefunden, die auf ihn als einen Abtrünnigen mit den Fingern weisen. „Philoponus und andere Lateiner," so schreibt in seinem dickleibigen Buch de motu (1591) Francesco Buonamici, „haben in der Lehre von den geworfenen Körpern den Aristoteles aufs heftigste angegriffen, so daß man sagen kann: sie haben die Fahne ihres Lehrers verlassen."

Der Name des Philoponus oder Johannes Grammaticus ist aus der Geschichte der verschiedensten Wissenschaftsgebiete bekannt. Man kennt ihn aus der Geschichte der Philosophie als Kommentator sowohl logischer und metaphysischer wie naturwissenschaftlicher Werke des Aristoteles, dem jedoch besondere Selbständigkeit in der auslegenden Tätigkeit nicht nachzurühmen ist. Viel erörtert ist der Widerspruch, den er als christlicher Peripatetiker in seinen 17 gegen Proclus gerichteten Büchern der Lehre des Aristoteles von der Ewigkeit der Welt entgegensetzt. Der Geschichte der Theologie gehören seine Bücher über die Schöpfung der Welt auf Grund der Mosaischen Genesis an. Auch als Mathematiker hat er sich betätigt, doch wird seine Einleitung in die Arithmetik des Nicomachus in Cantors „Vorlesungen" als wenig bemerkenswert gekennzeichnet. Eigentümliche, in das Gebiet der Naturwissenschaften fallende Ansichten werden hier und dort aus seinen Schriften angeführt. So macht A. v. Humboldt darauf aufmerksam, daß er in dem Buch über die Schöpfung der Welt die Bewegung der Himmelskörper „einem primitiven Stoß und dem fortgesetzten Streben zum Falle" zuschreibt; Laßwitz erwähnt ihn unter denjenigen, die sich mit der Frage nach dem Beharren der Elementarbestandteile in den gemischten Körpern beschäftigt haben. Ein älterer italienischer Schriftsteller hebt hervor, daß er von Reisenden erzähle, die auf hohen Bergen Donner und Blitz unter sich gesehen haben.

Daß nun eben diesem Johannes Philoponus eine geschichtlich bedeutsame Stellung in der Kritik der aristotelischen Naturlehre zuerkannt werden muß, wie es der Satz des Buonamici andeutet, scheint in neueren Zeiten keine Beachtung gefunden zu haben. Auch die

1) Vergl. die Abhandlungen „die Entdeckung des Beharrungsgesetzes" in der Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft 14, 375 u. f., 1884, und „Hat Leonardo da Vinci das Beharrungsgesetz gekannt?" in der Bibliotheca mathematica von Gustav Eneström. Neue Folge, Jahrgang 1888, S. 19.

2) In der Abhandlung a quo moveantur proiecta, zum erstenmal veröffentlicht durch Antonio Favaro, im Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche, Tomo XVI. Roma 1883. (Sonderdruck unter dem Titel „Alcuni Scritti inediti di Galileo Galilei tratti dai manoscritti della Biblioteca Nazionale di Firenze. Roma 1884. S. 101 u. f.) Die Abhandlung ist wieder abgedruckt in Le Opere di Galileo Galilei Edizione Nazionale Vol. I, Firenze 1890, p. 307 seq.

treffliche für die große Sammlung der Aristoteles-Kommentare der Berliner Akademie von Hieronymus Vitelli bearbeitete neuste Ausgabe des Kommentars zu den acht Büchern der Physik (1887/88) erwähnt zwar, daß Philoponus oftmals sich tadelnd über die Lehren des Aristoteles ausspricht, läßt aber den wissenschaftlichen Wert seines Tadels unerörtert.

Ein Blick in den Kommentar zum 4. Buch der aristotelischen Physik beseitigt jeden Zweifel, daß wir in der Tat hier an der Quelle der Lehre von der vis impressa stehen.

Aristoteles trägt seine Ansicht über die Fortdauer der Bewegung geworfener Körper im Zusammenhang seiner Erörterungen über die Unmöglichkeit eines Vakuums vor. Den Atomistikern gegenüber, nach denen jede Bewegung das Vorhandensein leerer Zwischenräume voraussetzt, glaubt er beweisen zu können, daß vielmehr im leeren Raum eine jede Bewegung unmöglich sein würde; für die „gewaltsame" und „naturwidrige" Bewegung scheint ihm dies unmittelbar daraus hervorzugehen, daß es die Luft ist, die eine solche Bewegung vermittelt.

„Diese Beweisführung," entgegnet Philoponus[1]), „scheint mir nichts Zwingendes zu haben, denn zunächst ist keineswegs in ausreichender Weise, so daß es unsern Verstand befriedigt, gezeigt worden, daß die naturwidrige und gewaltsame Bewegung nach einer der aufgezählten Weisen verursacht wird." Umständlich zeigt er, daß durch Antiperistasis (die Gegenwirkung des umgebenden Körpers) die Aufgabe nicht zu lösen sei und prüft dann, was die mitbewegte Luft als Vermittlerin der Bewegung zu leisten vermag. „An diejenigen, die so reden," sagt er, „ist zunächst die Frage zu richten: wenn jemand dadurch mit Gewalt einen Stein wirft, daß er die Luft stößt, die sich hinter dem Stein befindet — nötigt er dadurch den Stein zu seiner naturwidrigen Bewegung, oder gibt er, indem er stößt, auch in den Stein hinein (ἐνδίδωσι) eine bewegende Kraft? Denn, wenn er in den Stein keine Kraft gibt, sondern nur dadurch, daß er die Luft stößt, den Stein bewegt oder den Pfeil die Sehne — wozu braucht dann die Hand den Stein oder die Kerbe des Pfeils die Sehne zu berühren? Denn möglich müßte es sein, auch ohne irgendwelche Berührung, wenn der Pfeil, zum Beispiel auf der Kante des Holzes, wie auf einer feinen Linie läge (und so auch der Stein) mit mancherlei Künsten Luft in Menge hinter ihm zu bewegen. Und offenbar müßte die Luft, in je größerer Menge und mit je größerer Gewalt sie bewegt würde, um so kräftiger stoßen und um so weiter schleudern. Nun könnte man aber den Pfeil oder den Stein auf eine Linie ohne jede Breite oder auf einen Punkt legen und die gesamte Luft dahinter mit noch so kräftigem Antrieb in Bewegung setzen, und doch würde der Pfeil nicht um eine Strecke von Armeslänge weit bewegt werden. Wenn also mit noch so kräftigem Antrieb bewegt, die Luft doch nicht bewegend wirkt, so ist offenbar bei den Werfenden oder Schießenden nicht die von der Hand oder der Sehne gestoßene Luft, das Bewegende, denn warum sollte sie es mehr sein, wenn der Werfende das Geworfene berührt, als wenn er es nicht tut? Und überdies, wenn unmittelbar der Pfeil die Sehne berührt und die Hand den Stein und nichts dazwischen ist, welche Luft sollte es sein, die von hinten her bewegt wird? Wird aber die auf den Seiten befindliche bewegt — was hat sie für das Geworfene zu bedeuten? Aus diesem und vielem andern ist zu erkennen, daß unmöglich auf diese Weise bewegt wird, was durch Gewalt bewegt wird, sondern notwendig eine bewegende unkörperliche Kraft von dem Werfenden dem Geworfenen eingegeben werden muß und entweder die gestoßene Luft ganz und gar nicht zu dieser Bewegung beiträgt oder nur sehr wenig. Und nicht schwieriger wird diese durch den Augenschein beglaubigte Ansicht sein, als daß gewisse Energien[1]) von dem Gesehenen aus zu den Augen kommen, wie Aristoteles glaubt. Denn wir sehen, daß auch von den Farben gewisse Energien unkörperlich ausgehen und die umliegenden festen Körper färben, wie deutlich zu sehen ist, wenn durch gefärbte Gläser ein Sonnenstrahl fällt, denn den festen Körper, auf den der durch das Glas gehende Strahl fällt, färbt er ebenso wie die Farbe, durch die er hindurchgegangen ist. Offenbar ist also, daß gewisse Energien unkörperlich von dem einen auf anderes übergehen."

Mit dieser Erkenntnis ist die Antwort auf den Beweis des Aristoteles gegen die Möglichkeit einer Bewegung im leeren Raum ohne weiteres gegeben. „Kommt," sagt Philoponus, „die gewaltsame Bewegung so zustande, wie ich es behaupte, so ist klar, daß das gleiche um so viel eher geschehen wird, wenn jemand im Leeren einen Pfeil oder einen Stein gewaltsam schleudert."

Aristoteles hat noch ein zweites Argument, das freilich dem heutigen Leser mit dem ersten schwer vereinbar scheint. „Wäre dennoch,"

1) Vergl. Joannis Philoponi in Aristotelis Physicorum libros quinque posteriores commentaria. Consilio et auctoritate academiae litterarum regiae Borussicae edidit Hieronymus Vitelli, Berolini 1888, S. 639 u. f.

1) Philoponus gebraucht in diesen Erörterungen die Ausdrücke δύναμις und ἐνεργεία als durchaus gleichbedeutend.

sagt er, „auf irgendeine Weise im Leeren etwas durch Gewalt in Bewegung versetzt, so gäbe es keinen Grund, daß diese Bewegung aufhören sollte, sie würde daher bis ins Unendliche dauern, insofern nicht ein Stärkeres es hindert; dies aber ist unmöglich, denn unmöglich kann das gewaltsam Bewegte sich dauernd bewegen." Philoponus widerspricht nicht der letzteren Behauptung, wohl aber der Meinung, daß sie im Falle der geworfenen Körper Anwendung finde. „Ich aber behaupte," entgegnet er dem Aristoteles, „daß wie du, der den Stoß der Luft als Ursache der naturwidrigen Bewegung bezeichnet, sagst, daß der bewegte Körper so lange bewegt wird, bis die der Luft von dem ursprünglich Stoßenden eingegebene bewegende Kraft vernichtet ist, daß so offenbar auch, wenn etwas im Leeren naturwidrig bewegt würde, es so lange bewegt wird, bis die ihm von dem ursprünglich Stoßenden eingegebene bewegende Kraft völlig schwach geworden ist."[1])

Wie man sieht, ist in diesen Worten das Prinzip der vis impressa naturaliter deficiens scharf und genau so ausgesprochen, wie es noch Galilei in seinen ersten Forschungen zugrunde legt und ebenso ausdrücklich der aristotelischen Lehre gegenübergestellt, wie das von den Physikern des 16. Jahrhunderts geschieht, zugleich ist aber von dem Verfasser durch die Worte „ich behaupte" (φημὶ δὲ ἐγώ) der Anspruch erhoben, derjenige zu sein, der den neuen Gedanken selbst gedacht und zuerst zur Sprache gebracht hat.

Derselbe Kommentar zum 4. Buch der aristotelischen „Physik", in dem uns diese Aussprüche erhalten sind, bezeichnet in einer gelegentlichen Bemerkung sehr genau den Zeitpunkt ihrer Entstehung. In den Erörterungen über das Kapitel „von der Zeit", das bei Aristoteles unmittelbar auf die Betrachtungen über den leeren Raum folgt, wird das laufende Jahr als das 233ste[2]) der diocletianischen Ära bezeichnet; das entspricht dem Jahr 517 unserer Zeitrechnung. Dem ersten Viertel des 6. Jahrhunderts gehört demnach eine physikalische Betrachtungsweise an, der man erhebliche geschichtliche Bedeutung nicht absprechen wird. Sie entspricht mit dem einfachen Wort: „die bewegende Ursache geht auf den bewegten Körper über und ist dann ganz und gar in ihm" und mit der Ablehnung der gekünstelten aristotelischen Deutung so durchaus einem natürlichen mechanischen Empfinden, daß über ein Jahrtausend hindurch die besten Denker über mechanische Dinge, wenn sie von „gewaltsamer" Bewegung reden, im wesentlichen das Wort und den Widerspruch des Philoponus wiederholen; einem natürlichen Empfinden entspricht aber die Betrachtungsweise des Philoponus auch da, wo sie auf der Vorstufe der Wissenschaft stehen bleibt, in der Vorstellung, daß die Verlangsamung der Bewegung durch die Abnahme der bewegenden Ursache bewirkt wird; auch hier sehen wir die selbständigen Forscher bis zum Ende des 16. Jahrhunderts ihm bedingungslos folgen oder doch in seiner scharfen Prägung des irrtümlichen Satzes den angemessenen Ausdruck für die eigene Denkweise erkennen.

Es drängt sich die Frage auf, ob hier dem Kommentator des 6. Jahrhunderts das Verdienst, das er in Anspruch zu nehmen scheint, die Originalität des ausgesprochenen Gedankens in Wahrheit zuzuerkennen ist. Ich kenne nur eine Kundgebung aus dem griechischen Altertum, die Veranlassung geben könnte, diese Frage verneinend zu beantworten. Es ist eine Äußerung Hipparchs (140 v. Chr.) über die Ursache der Fallbeschleunigung, die der Kommentator Simplicius einer nicht erhaltenen Schrift des großen Astronomen entnommen hat.

Hipparch sagt nach dem Bericht des Simplicius, daß „bei der aufwärts nach oben geworfenen Erde die aufwärtswerfende Kraft, solange sie die Kraft des Geworfenen überwiegt, die Ursache der Bewegung nach oben ist; je mehr sie überwiegt, um so schneller werde das Geworfene nach oben bewegt; nehme sie ab, so werde es zunächst nicht mehr mit der gleichen Geschwindigkeit nach oben, später aber vermöge seines eigenen Gewichts nach unten bewegt, dabei beharre in gewissem Maße auch die aufwärtswerfende Kraft, aber mit weiterer Abschwächung dieser werde das abwärts Bewegte immer schneller bewegt und am schnellsten, wenn sie gänzlich zunichte geworden ist." „Dieselbe Ursache," berichtet Simplicius, „gibt Hipparch auch für die Bewegung dessen an, was von oben her fallen gelassen wird, denn auch bei diesem bleibe eine gewisse Zeit hindurch die Kraft dessen, der es zurückgehalten hat, indem sie als entgegenwirkende Ursache veranlasse, daß das Fallende anfangs sich langsamer bewegt."[1])

1) a. a. O. S. 644.

2) Statt dessen las man früher 333 und nahm deshalb an, daß die schriftstellerische Tätigkeit des Philoponus in das 7. Jahrhundert falle. Umständliche Beweise dafür, daß sie dem 6. angehört, sind von A. Nauck in Ersch und Grubers allgemeiner Encyclopädie der Wissenschaften und Künste, Sect. III, 23, 465, (1847), und neuerdings von Reichhardt in der Einleitung zu Joann. Philoponi de opificio mundi libri VII (Lipsiae 1897) gegeben.

1) Vergl. Simplicii in Aristotelis de caelo commentaria in der Ausgabe von J. L. Heiberg (Vol. VII der Commentaria in Aristotelem graeca der Berliner Akademie), Berolini 1894, p. 262. Ich habe an anderer Stelle darauf aufmerksam gemacht, daß Galilei die gleiche Hypothese über die Ursache der Fallbeschleunigung nicht nur in seinen von ihm selbst nichtveröffentlichten Schriften der ersten Periode ausführlich vorträgt, sondern noch in seinem Hauptwerk von 1638, aller-

Wie man sieht, liegt der Kern dieser hipparchischen Vorstellung in der Voraussetzung, daß die aufwärtswerfende Kraft, der das Festhalten des nach unten strebenden Körpers gleichgesetzt wird, naturgemäß abnimmt; diese Abnahme ist für Hipparch die eigentliche Ursache der Beschleunigung; in dieser Beziehung ist also wenigstens für die nach oben werfende Kraft in unzweideutiger Weise ausgesprochen, was Philoponus ganz allgemein für die Ursache der gewaltsamen Bewegung — die δύναμις ἐνδοθεῖσα — behauptet. Unerörtert bleibt dagegen die Frage nach der Art der Übertragung der Kraft auf den geworfenen Körper. Daß auch hier Hipparch die Vorstellung teile und bei seiner Erörterung zugrunde lege, die uns der aristotelischen gegenüber die natürliche dünkt, darf man vermuten; daß dies jedoch für die Leser der peripatetischen Schule nicht in seinen Worten lag, läßt sich der Entgegnung des Alexander von Aphrodisias (150 v. Chr.)[1]) entnehmen. Alexander will sich die Vorstellung des Hipparch, wenn auch nicht bei der Beschleunigung der fallenden, doch bei der Verzögerung der aufwärts geworfenen schweren Körper gefallen lassen; dagegen verteidigt er bei der allgemeinen Besprechung der gewaltsamen Bewegung sehr umständlich die eigentümliche, vermittelnde Wirkung der Luft; er hat also zwischen dieser aristotelischen Lehre und jener hipparchischen Deutung keinen Widerspruch gesehen. Mehr als hundert Jahre später glaubt Themistius die Lehre des Aristoteles durch die Annahme verständlicher zu machen, daß der Luft nicht nur Bewegung, sondern auch die Fähigkeit, anderes zu bewegen, als eine ihr eigene Kraft eingeprägt wird, mit deren allmählicher naturgemäßer Abnahme die Bewegung des geworfenen Körpers sich in derselben Weise verlangsamt und aufhört, wie die Wärmewirkungen eines Körpers abnehmen und aufhören, der von dem Feuer nicht nur erwärmt worden ist, sondern auch als eigene Kraft die Fähigkeit, anderes zu erwärmen, erlangt hat.

Das war die Auffassung, die man sich als die zur Zeit des Philoponus in der peripatetischen Schule herrschende zu denken hat, der er mit allem Nachdruck die seinige entgegensetzte. Hat vielleicht in der Hypothese des Hipparch, die er nirgends berührt, eine Anregung zu diesem Widerspruch für ihn gelegen, so bleibt doch die ausdrückliche Verwerfung einer vermittelnden Wirkung der Luft und die entschiedene Opposition, die er in diesem Punkte dem Aristoteles gegenüber zur Geltung bringt, ihm eigentümlich.

Daß die Form, in der in der Folge und noch ein Jahrtausend nach ihm die Lehre von der vis impressa von den Peripatetikern bestritten, von den Gegnern der aristotelischen Physik verwertet wird, auf Philoponus zurückzuführen ist, läßt sich der Geschichte seines Kommentars entnehmen. Er wird in dem ältesten (987 verfaßten) arabischen Schriftenverzeichnis angeführt.[1]) Averröes († 1198) kennt ihn; es ist nicht zu bezweifeln, daß er früh aus dem Arabischen in das Lateinische übersetzt wurde, und daß bei dieser Übertragung aus der δύναμις ἐνδοθεῖσα die vis impressa geworden ist. An der Spitze der „Lateiner", die mit Philoponus in der Lehre von den geworfenen Körpern vom Aristoteles abweichen, nennt Buonamici: Albertus Magnus († 1280) und Thomas von Aquino († 1274). Bei dem letzteren habe ich die vis impressa, aber auch die Kenntnis der Kommentare des Philoponus nachweisen können. Die Schriften des D. Thomas aber vermittelten in den folgenden Jahrhunderten Gelehrten und Studierenden des gesamten Abendlandes mit der Kenntnis aristotelischer Wissenschaft auch die der alten Kommentare. So fehlt der Grund, bei den Späteren, die in Übereinstimmung mit Philoponus von der vis impressa reden, an eine selbständige, von seinem Einfluß unabhängige Wiederholung des gleichen Gedankengangs zu denken.

Hat nun die einsichtige, den Fortschritt anbahnende Kritik des alexandrinischen Kommentators sich auf diesen einen Punkt der aristotelischen Bewegungslehre beschränkt? Darauf die Kommentare des Philoponus zu prüfen, lag nicht fern; ich muß aber gestehen, daß ich erst viele Jahre nach jener ersten Wahrnehmung durch eine zweite Hinweisung einer rein peripatetischen Schrift darauf aufmerksam geworden bin, daß hier für den Historiker eine Pflicht zu erfüllen bleibt. Die Äußerung, die mich darüber aufgeklärt hat, findet sich in den Considerazioni des Vincenzio di Grazia über Galileis Schrift über die schwimmenden Körper (1613). Wie allen übrigen Behauptungen, in denen Galilei von Aristoteles abweicht, widerspricht di Grazia auch dem Urteil, daß Aristoteles fälschlich

dings nicht durch den eigentlichen Vertreter seiner Ansichten, Salviati, sondern durch Sagredo zur Sprache bringen läßt. Bei ersterer Gelegenheit teilt Galilei mit, daß zwei Monate, nachdem er selbst die wahre Ursache der Fallbeschleunigung ersonnen, ihm bekannt geworden sei, was Alexander von Aphrodisias über die ganz gleiche Ansicht des Hipparch berichte. (Vergl. Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft **14**, 399 und **15**, 383.

1) In Simplicii de caelo commentaria (vergl. S. 265 der Ausgabe von Heiberg).

1) Vergl. die Abhandlung „Das Mathematiker-Verzeichnis im Fihrist des Ibn Abî Jakûb an-Nadîm. Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Dr. Heinrich Suter" in Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik. 6. Heft. Leipzig 1892, S. 8.

gelehrt habe: es falle von Körpern gleicher Art der größere je nach dem Verhältnis seiner Größe schneller. Bei dieser Gelegenheit bemerkt der Florentiner Peripatetiker: weil gelegentlich bei geringer Ungleichheit der Körper und bei kleiner Entfernung keine merkliche Verschiedenheit wahrgenommen wird, hat Johannes Grammaticus, dem Pendasius zustimmt, und nun auch Galilei geglaubt, daß zwei ungleich große Mengen Erde dieselbe Geschwindigkeit der Bewegung haben.

Der hier berührte Ausspruch des Philoponus findet sich im Zusammenhang seines umfangreichen, durchgehends gegen Aristoteles gerichteten Exkurses „über den leeren Raum". Nicht daß Philoponus in betreff der Existenz und der Möglichkeit völlig von Körperlichem befreiter Räume anders dächte als Aristoteles. Er verwahrt sich vielmehr gegen diese Zumutung und erklärt, von der Nichtexistenz eines derartigen Leeren sei er überzeugt durch das, was man die „Gewalt des Leeren" (*βία κενοῦ*)[1] nenne und durch vieles andere.[2] Dagegen verwirft er aufs bestimmteste die gesamte Beweisführung des Aristoteles, nach der die Annahme eines Vakuums mit allem, was man von Bewegungserscheinungen weiß, sich nicht in Einklang bringen läßt. Es sind Hauptsätze der aristotelischen Bewegungslehre, gegen die Philoponus hier seinen Widerspruch erhebt.

Was zunächst die Fallgeschwindigkeiten betrifft, so läßt er sich auf Argumente nicht ein. Daß gänzlich falsch ist, sagt er, was Aristoteles über das Verhältnis der Geschwindigkeiten ungleich schwerer Körper im gleichen Medium behauptet, kann besser als durch jeden logischen Beweis durch den Augenschein beglaubigt werden, denn wenn man zwei in sehr großem Maße an Schwere verschiedene Körper gleichzeitig von derselben Höhe fallen läßt, wird man sehen, daß nicht dem Verhältnis der Schweren das Verhältnis der Zeiten der Bewegung folgt, sondern nur eine sehr kleine Verschiedenheit in bezug auf die Zeiten stattfindet, so daß, wenn nicht in sehr großem Maße die Schweren voneinander verschieden wären, sondern z. B. die eine doppelt so groß als die andere, die Bewegungszeiten nicht verschieden sein würden.[3]

Hier ist also in einer Weise, die man gewöhnlich als ein Merkmal der Naturforschung neuerer Zeiten im Gegensatz zu der des Altertums ansieht, Erfahrung und Experiment der logischen Beweisführung gegenübergestellt. In der Tatsache der Erfahrung aber, die Philoponus so zuversichtlich hinstellt, bietet sich uns ein zweiter Fall, in dem der Kommentator nicht nur eine fundamentale Lehre des Aristoteles bestreitet, sondern auch diejenige Ansicht zur Geltung bringt, die nach gewöhnlicher Annahme den Physikern der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts eigentümlich ist. Ich habe auf die Priorität des Philoponus in dieser Beziehung in einer kürzlich veröffentlichten Studie über Galileis Pisaner Fallversuche aufmerksam gemacht und gleichzeitig darauf, daß wir Grund haben zu glauben, daß die Forscher des 16. Jahrhunderts hier von ihm gelernt haben.

Von nicht geringerem Interesse ist Philoponus' Zergliederung der wunderlichen Argumentation, durch die Aristoteles deduziert: im Leeren würde die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers eine unendlich große sein, und eben deshalb sei im leeren Raum Bewegung unmöglich. Es handelt sich dabei um eine jener scholastischen Verirrungen der aristotelischen Physik, die man dem „Meister alles Wissens" kaum zuzutrauen wagt, und die daher selbst hochangesehene Historiker veranlaßt haben, von einem Kampfe gegen den „mißdeuteten" Aristoteles zu reden, wo unzweifelhaft echt aristotelische Sätze den Widerspruch herausfordern. Unzweifelhaft ist es Aristoteles selbst, der im 4. Buche seiner Physik im wesentlichen folgendermaßen argumentiert:

Tatsache der Erfahrung ist, daß die schweren Körper im Wasser langsamer fallen als in der Luft. Die Ursache ist, daß in beiden Medien ein Widerstand gegen Zerteilung zu überwinden ist, aber ein geringerer in der Luft, weil diese feinteiliger ist; aber nicht etwa irgendwie wird durch den Unterschied der Feinteiligkeit die Geschwindigkeit beeinflußt, sondern in eben demselben Verhältnis, in dem die Luft feiner und unkörperlicher ist als das Wasser, wird der gleichschwere Körper schneller durch die Luft hindurch bewegt werden als durch Wasser. Aristoteles setzt beispielsweise die Luft doppelt so dünn, als das Wasser und folgert dann doppelte Fallgeschwindigkeit in der Luft. Denkt man sich dann ein Medium, das wieder die Luft um das Doppelte an Feinteiligkeit übertrifft, so wird in diesem die Geschwindigkeit doppelt so groß sein, wie in der Luft; nun ist aber der leere Raum im Vergleich mit der Feinheit der Luft ein Medium von unendlicher Feinheit, unendlich groß müßte also auch die Geschwindigkeit im leeren Raume sein, das heißt: sie würde gar keine Zeit erfordern, zeitlos sein; da es nun eine zeitlose Bewegung nicht geben kann, ist auch die Bewegung im leeren Raume ein Ding der Unmöglichkeit.

1) Diesen Ausdruck für die Ursache der Erscheinungen, die man in der Regel auf den „horror vacui" zurückführt, habe ich nirgends sonst gefunden. Soviel ich sehe, kommt er in Herons einleitenden Betrachtungen nicht vor. Aber Philoponus sagt: *ἡ καλουμένη τοῦ κενοῦ βία* und bezeichnet dadurch den Ausdruck als einen üblichen.

2) A. a. O. S. 675.

3) A. a. O. S. 683.

Philoponus erkennt in höflichen Worten an, daß in dem Beweis etwas Verführerisches liegt, und daß er deshalb „beinahe alle durch Wahrscheinlichkeit gefangen genommen hat“[1]), aber Notwendigkeit kann er ihm nicht zugestehen. Der Sinn seiner ziemlich weitschweifigen Entgegnung ist der folgende.

Aristoteles argumentiert, als ob das Zerteilen des Mediums die Ursache der Fallbewegung wäre, es ist aber vielmehr die Bewegung nach unten und oben die Ursache des Zerteilens; bewegende Ursache bei der Fallbewegung ist nach Aristoteles selbst die Schwere, der Widerstand gegen das Zerteiltwerden ist dagegen nicht bewegende, sondern hindernde, der Bewegung entgegenwirkende Ursache. Nun ist aber die Schwere nach Philoponus eine dem schweren Körper innewohnende Kraft, eine Qualität, die von nichts außerhalb Liegendem abhängig ist; es ist also nicht einzusehen, weshalb, wenn die hindernde Ursache wegfiele, also im leeren Raume, die Geschwindigkeit der schweren Körper nicht eben die sein sollte, die der bewegenden Ursache entspricht. Denken wir uns dann den Raum erfüllt, so kommt für jeden schweren Körper zu derjenigen Zeit, die er der bewegenden Ursache gemäß gebraucht, um eine gegebene Strecke zu durchlaufen, noch eine andere, die zur Überwindung des Hindernisses gebraucht wird, „denn der Stoß, das heißt, die Zerteilung bewirkt, daß das Bewegte schwerer bewegt wird.“ Diese hinzukommende Zeit wird um so kürzer sein, je dünner, feinteiliger das Medium gedacht wird; denken wir uns die Feinteiligkeit bis ins Unendliche gesteigert, so würde auch die für die Zerteilung erforderliche Zeit ins Unendliche verkleinert, immer aber würde auch bei unendlicher Verdünnung des Mediums sich die insgesamt gebrauchte Zeit nur derjenigen nähern, die der im leeren Raume bewegte Körper gebraucht, um dieselbe Strecke zu durchlaufen. Brauchte also z. B. ein Stein, um im leeren Raume die Strecke eines Stadiums zu durchlaufen, eine Stunde, bei Erfüllung desselben Raumes mit Wasser zwei Stunden, so würde das Verhältnis der Bewegungszeit im Wasser zu denen in Medien von doppelter, vierfacher usw. Feinteiligkeit nicht,

wie Aristoteles will, $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} \cdots\cdots : \frac{1}{\infty}$,

sondern $2 : 1\frac{1}{2} : 1\frac{1}{4} \cdots\cdots : 1 + \frac{1}{\infty}$ sein.

Die Erörterung schließt mit der bestimmten Erklärung: die Ursache des Irrtums in der Beweisführung des Aristoteles liege in seiner der Wahrheit nicht entsprechenden Annahme, daß dasselbe Verhältnis, wie es zueinander die Medien haben, durch die die Bewegungen erfolgen, auch für die Zeitdauer dieser Bewegungen gilt.[1])

Ich habe diesen Schlußsatz mit besonderem Nachdruck hervorgehoben, um auf diese Weise für Philoponus in Anspruch zu nehmen, was gegen das Ende des 16. Jahrhunderts Galilei als eigene Entdeckung betrachtet hat.

In Galileis ältester, von Viviani geschriebener Biographie wird neben der Behauptung, daß die Fallgeschwindigkeit gleichartiger Körper von der Größe unabhängig sei, als besonderes Verdienst des jungen Pisaner Professors hervorgehoben, daß er die Ansicht des Aristoteles über das Verhältnis der Geschwindigkeiten in verschiedenen Medien als falsch erwiesen habe. Das entspricht Galileis eigener Schätzung, denn in den handschriftlich erhaltenen Aufzeichnungen aus dieser jugendlichen Periode findet sich neben einem größeren Kapitel über den Irrtum des Aristoteles ein ergänzendes Blatt, in dem Galilei bespricht, was in gleicher Richtung vor ihm geschehen ist. — „So groß ist die Kraft der Wahrheit,“ heißt es hier, „daß auch hochgelehrte Peripatetiker die Ansicht des Aristoteles als falsch erkannt haben, wenngleich keiner von ihnen in passender Weise die Argumente des Aristoteles zu widerlegen vermocht hat. Sicher hat keiner jemals das Argument aus dem Wege räumen können, das im 4. Buche der Physik t. 71 und 72 besprochen wird, denn niemals ist bis jetzt der Trugschluß dieses Arguments erkannt worden, und wenngleich Scotus, D. Thomas, Philoponus uud einige andere eine Meinung vertreten, die der des Aristoteles entgegensteht, so sind sie doch zur Wahrheit mehr durch den Glauben als durch einen wirklichen Beweis oder durch Widerlegung des Aristoteles gekommen. In der Tat möge niemand hoffen, daß er dem Aristoteles antworten und seinen Beweis widerlegen könne, wenn er die Proportion zugesteht, die von ihm für die Geschwindigkeit desselben Körpers in verschiedenen Medien aufgestellt wird. Niemand hat bisher dieselbe zu leugnen gewagt.“[2])

Es wird nicht möglich sein, besser als durch diese Worte Galileis den Versuch zu rechtfertigen, auf Philoponus' Bemühungen die Aufmerksamkeit zu lenken, denn wie unzureichend immer seine Vorstellung von der Ursache der Geschwindigkeits-Differenzen erscheinen möge, so hat er doch nicht nur ein volles Jahrtausend vor Benedetti und Galilei die Proportion des Aristoteles für falsch er-

1) A. a. O. S. 675.

1) A. a. O. S. 679.

2) Vergl. Le Opere di Galileo Galilei Edizione Nazionale. Vol. I, p. 284 (Firenze 1890).

klärt, sondern auch seinen Widerspruch in einleuchtender Weise begründet.

Ich unterlasse nicht zu bemerken, daß Galilei in seiner Behandlung der gleichen Frage schon in seinen Pisaner Abhandlungen insofern über Philoponus hinausgeht, als er an Stelle eines ungleichen Widerstands der Medien gegen Zerteilung als eigentliche Ursache der Geschwindigkeitsverschiedenheiten die Ungleichheiten des Gewichts erkennt, wie sie auf Grund des archimedischen Gesetzes für die verschiedenen Medien berechnet werden. Die hier zugrunde liegenden „ὀχούμενα" des Archimedes scheint Philoponus nicht gekannt zu haben. Er revidiert demnach die Rechnung des Aristoteles, ohne prinzipiell von dem Meister abzuweichen; nichtsdestoweniger läßt sich auch seine Kritik mit Galileis Worten dahin zusammenfassen, daß Aristoteles bei Vergleichung der Geschwindigkeiten mit der Beschaffenheit der Medien irrtümlich von geometrischer Proportion rede, wo eine arithmetische stattfinde.

Daß Philoponus auch hier zu besserer Erkenntnis die Bahn gebrochen, muß wenigstens als wahrscheinlich angenommen werden, da in den übrigen griechischen Kommentaren der aristotelischen Beweisführung gegenüber weder ein Widerspruch erhoben, noch abweichende Ansichten der Vorgänger zustimmend oder ablehnend zur Sprache gebracht werden.[1]) Dagegen scheint die antiaristotelische Behandlung der gleichen Frage bei den späteren Auslegern — so schon bei dem Araber Avempace († 1138) — den Gedankengang des Philoponus zu reproduzieren. Die Peripatetiker des 16. Jahrhunderts sehen in ihm auch in dieser Beziehung den Führer der Opposition.

Ich darf meine Aufzählung eigentümlicher Betrachtungsweisen des Philoponus, die uns in den Kommentaren zur Physik des Aristoteles erhalten sind, nicht abschließen, ohne seiner Äußerungen über die Schwere zu gedenken.

Aristoteles lehrt bekanntlich, daß die schweren Körper sich zur Mitte der Welt, die leichten sich zur Peripherie bewegen, weil die Mitte der natürliche Ort der schweren, die Peripherie der der leichten Körper sei, und ein jedes sich zu dem ihm eigentümlichen Ort bewege. An einer Stelle wenigstens nähert sich diese Auffassung insofern dem Gedanken an eine Anziehungswirkung, als es hier ausdrücklich heißt: „die Raumbewegungen der einfachen physischen Körper zeigen nicht bloß, daß der Ort etwas ist, sondern daß er auch eine Kraft hat, denn ein jedes bewegt sich, wenn es nicht gehindert wird, an seinen Ort." (Phys. IV, 1, 208b Bekker.[1])) An diese Äußerung knüpft sich Philoponus' Widerspruch. Er scheut sich nicht, den Ausspruch, daß der Ort an und für sich eine Kraft habe, als „höchst lächerlich" zu bezeichnen[2]), und um so mehr, weil nach Aristoteles' Ansicht — die Philoponus in langen Ausführungen bestreitet — der Ort eines Körpers nichts anderes ist, als die Grenze desjenigen Körpers, der ihn umschließt, von solcher Grenze also müßte nach Aristoteles die Kraft ausgehen, die schwere und leichte Körper zu ihrem Orte zurückführt. Dagegen protestiert Philoponus in den mannigfaltigsten Wendungen. „Nicht nach Flächen strebend," sagt er, „bewegt sich ein jedes nach dem ihm eigentümlichen Orte, sondern nach der Ordnung strebend, die ihm vom Schöpfer auferlegt worden ist, denn da der entlegenste Ort der Erde zuteil geworden ist, so daß sie sich unter allem befindet, der zweite dem Wasser, der dritte und vierte der Luft und dem Feuer, so wird naturgemäß, wenn etwas dieser Ordnung entfremdet wird und dasjenige, was oberhalb eines anderen zu sein bestimmt ist, durch eine Gewalt nicht oberhalb desselben ist, sondern unter ihm sich befindet, es nach der Ordnung strebend, die ihm vom Schöpfer zuerteilt ist, sich so lange bewegen, bis es sich in dieser befindet, denn dann hat es zumeist das Sein (τὸ εἶναι), und dann hat es seine Vollkommenheit." „Nicht der Ort also," wiederholt er, „hat die Kraft, vermöge derer die Körper zu den ihnen eigentümlichen Orten getragen werden, sondern die Körper haben das Streben, ihre Ordnung zu bewahren."

Philoponus betrachtet also mit Aristoteles die geradlinige Bewegung der schweren Körper nach unten (wie die der leichten nach oben) als eine Bewegung zum natürlichen Ort, aber er legt besonderen Wert darauf, unter Ausschließung jeder Wirkung des Ortes, die Ursache dieser Bewegung in die bewegten Körper zu verlegen; er definiert demnach die Schwere (und die Leichtigkeit) als eine den Körpern innewohnende „physische Kraft", aber zugleich als eine Qualität (ποιότης), die durch das Verhalten irgendeines anderen (σχέσις ἄλλου) nicht bedingt ist.

Wichtiger ist noch seine Abweichung von

1) Bemerkenswert ist, daß Simplicius, der dem Philoponus in anderer Beziehung umfangreiche Entgegnungen widmet, die hier besprochene Kritik aristotelischer Sätze völlig unberührt läßt. In bezug auf die Übertragung der Kraft auf den geworfenen Körper verrät derselbe Simplicius wenigstens in der Form einer Frage ketzerische Neigungen.

1) Prantl (Aristoteles' acht Bücher Physik. Leipzig. S. 153, 1854) übersetzt hier δύναμις mit „Geltung", was allerdings die physikalische Wirkung ausschließt. An dieser Stelle kommt es wesentlich auf die Auffassung des Philoponus an, die aus dem Obenstehenden in unzweideutiger Weise hervorgeht.

2) A. a. O. S. 581.

der aristotelischen Lehre in der Kennzeichnung des Ortes, nach dem das Streben der schweren Körper gerichtet ist. Aristoteles trägt kein Bedenken, die Frage, ob die schweren Körper sich zum Mittelpunkt bewegen, weil er der Mittelpunkt des Alls ist, oder weil er der der Erde ist, in ersterem Sinne zu entscheiden[1]); es würden demnach nach Aristoteles die schweren Körper auch dann sich in gerader Linie zum Mittelpunkt der Welt bewegen, wenn durch irgendeine Ursache die Erde sich außerhalb der Mitte befände.

Philoponus widerspricht nirgends ausdrücklich dieser bestimmten Äußerung, aber er verwirft sie implicite, wenn er zu wiederholten Malen den Ort, zu dem die Körper sich bewegen, mit dem Ganzen identifiziert, dem sie als Teile angehören.

„Ein Jedes", sagt er, „strebt, wenn es von seinem Ganzen getrennt worden ist, dieses wieder zu erreichen, denn alles liebt das Verwandte und das eigene Ganze und deshalb auch das Sein. Es ist aber ein Jedes dann zumeist, wenn es sich in seinem Ganzen befindet; wird es zu seinem Ganzen hinbewegt, — denn zu diesem hin ist vorzugsweise die Fallbewegung und das Streben gerichtet — dann auch zu seinem Ort."[2])

In Übereinstimmung mit Aristoteles teleologisch denkend, sieht Philoponus in diesem den Körpern als Teilen eingepflanzten Trieb zur Vereinigung mit ihrem Ganzen die göttliche Veranstaltung für die Verwirklichung des Guten, das heißt für die Erhaltung der Ordnung der Welt.

Die Welt, von der Philoponus redet, ist im wesentlichen die des Aristoteles; es ist keine Äußerung von ihm bekannt, die eine Neigung verriete, den griechischen Verteidigern einer Bewegung der Erde zuzustimmen, aber ersichtlich ist sein Begriff der Schwere von der Vorstellung, daß die Erde sich ruhend im Zentrum befindet, unabhängig.

In einer Auffassung, die mit der seinigen übereinstimmt, konnte daher Copernicus die ausreichende Antwort für diejenigen erkennen, die als hauptsächlichsten Beweisgrund für die geozentrische Weltanschauung das Verhalten der schweren und leichten Körper anführen. „Ich bin der Meinung," sagt Copernicus, „daß die Schwere nichts anderes ist, als ein gewisses natürliches, von der göttlichen Vorsehung des Weltenschöpfers den Teilen eingegebenes Streben (appetentiam), sich zu ihrer Einheit und Ganzheit zu begeben, indem sie zur Kugelgestalt sich vereinigen."[3])

1) Aristoteles de coelo **2**, 14 (296b Bekker).
2) A. a. O. S. 599.
3) Copernicus de revolutionibus orbium caelestium. Thorner Ausgabe S. 24.

Nur insofern kann man diese Definition von der des Philoponus abweichend finden, als sie mehr als diese dem Gedanken an eine Wechselwirkung zwischen dem Ganzen und den Teilen Raum läßt. Dies tritt noch deutlicher hervor, wenn Copernicus fortfährt: „es ist glaublich, daß eben diese Eigenschaft (affectio) der Sonne, dem Mond und den übrigen leuchtenden Wandelsternen innewohnt, und sie durch ihre Wirkung in der Rundung beharren, in der sie sich darbieten."

An Philoponus werden wir dagegen aufs bestimmteste erinnert, wenn Copernicus die Funktion der geradlinigen Bewegung in der Ordnung der Welt bezeichnet. „Sie kommt," sagt er, „zur Kreisbewegung hinzu bei dem, was sich von seinem natürlichen Orte entfernt oder von ihm ausgestoßen wird oder sich irgendwie außerhalb desselben befindet. Nichts widerstrebt der Ordnung des Ganzen und der Form der Welt so sehr, als daß etwas außerhalb seines Ortes sei. Die geradlinige Bewegung findet also nur statt, wo die Dinge sich nicht richtig verhalten und nicht ihrer Natur gemäß vollkommen sind, sofern sie von ihrem Ganzen getrennt werden und dessen Einheit verlassen."[1])

Durchaus ähnliche, in übereinstimmender Weise ausgesprochene Ansichten finden wir bei Benedetti und bei Galilei. Es ist anderseits bekannt, daß verwandte Betrachtungen über das Wesen der Schwere lange vor Philoponus im griechischen Altertum die Philosophen beschäftigt haben. Sie werden von Plutarch in seiner Schrift über das Gesicht im Monde zur Sprache gebracht. Es ist daher anzunehmen, daß auch Philoponus hier unter dem Einflusse seiner Vorgänger denkt und von Aristoteles abweicht. Daß aber sein vielgelesener Kommentar zum mindestens dazu beigetragen hat, jene älteren Anschauungen den späteren Generationen zugänglich zu machen und so ihre Wiederbelebung vorzubereiten, darf um so mehr als wahrscheinlich angesehen werden, als die Form, in der die neueren Forscher die alten Gedanken vortragen, sich unverkennbar seiner Ausdrucksweise nähert.

Gewiß ist, daß auch hier wie in anderen Punkten, wo seine Kritik der aristotelischen Lehre nicht als eine durchaus originelle gegenübersteht, die Ansicht, die er bevorzugt, in der Richtung liegt, in der wir den Fortschritt der Wissenschaft sehen.

Ich kann nur kurz berühren, daß das gleiche von vielen seiner Betrachtungen gilt, die uns in seinem Kommentar zum ersten Buche der Meteorologie des Aristoteles erhalten sind. So vertritt Philoponus gegenüber der sonderbaren Theorie, nach der die Sonnenwärme

1) Thorner Ausgabe S. 23.

durch die Bewegung der Sonne oder der sie tragenden Sphäre entsteht, die mit der Weltansicht des Aristoteles unverträgliche Behauptung, daß die Sonne ein feuriger Körper ist und als solcher Licht und Wärme ausstrahlt, so beweist er gegen Aristoteles, daß es unmöglich ist, die Milchstraße dem Reiche der Elemente unterhalb der Mondsphäre angehören zu lassen. Und in ähnlicher Weise tritt uns auch bei flüchtigem Durchblättern des kleinen Buches in den mannigfaltigsten Erörterungen der unabhängige, nach wahrer Naturerkenntnis strebende Denker entgegen.[1])

Nur über Einzelheiten aus den Kommentaren des Philoponus habe ich Ihnen berichten können, aber ich glaube, daß auch die wenigen, bisher nicht beachteten historischen Tatsachen, die ich hervorgehoben habe, in mehrfacher Beziehung nicht unwichtige Hinweisungen für diejenigen enthalten, denen die Geschichte des Naturerkennens Gegenstand des Interesses und des Studiums ist. Sie sind, wenn ich nicht irre, vor allem geeignet, darüber aufzuklären, daß unser Wissen von der Naturerkenntnis älterer Zeiten ein lückenhaftes ist. Wir lesen in Büchern aller Sprachen von einer tausendjährigen Herrschaft der aristotelischen Physik, von einer für die Entwicklung der Naturwissenschaft fast völlig unfruchtbaren Periode, in der die Tätigkeit der Gelehrtesten sich darin erschöpft, in knechtischer Abhängigkeit die Sätze des Aristoteles zu kommentieren. Und hier ist ein Kommentator aus dem Anfang des 6. Jahrhunderts, der Satz für Satz den Aristoteles widerlegt, seine Trugschlüsse offenbart und Anschauungen zur Geltung bringt, zu denen die führenden Geister des 16. Jahrhunderts sich bekennen.

Aber unvollständig, wie der Einblick in die Wissenschaft älterer Zeiten, muß naturgemäß auch unsere Kenntnis von den Ursprüngen jener großen geistigen Bewegung sein, die zur Erneuerung der Naturwissenschaft im 16. Jahrhundert geführt hat. Wenn insbesondere keinem Zweifel unterliegt, daß die Entstehung einer wissenschaftlichen Physik aufs engste zusammenhängt mit der Bekämpfung der scholastischen Naturlehre des Aristoteles — kann es für das Verständnis dieses denkwürdigsten Entwicklungsprozesses gleichgültig sein, zu erfahren, daß die Auflehnung gegen die Physik des Aristoteles bis in die Anfänge des Mittelalters hinaufreicht, und daß mit dieser ersten und ältesten Opposition die spätere in nachweislich ununterbrochenem Zusammenhange steht?

Liegt kein Irrtum in dem Eindruck, der sich mir aufgedrängt hat, daß es solche Grundfragen der Geschichte der Naturwissenschaft sind, für deren Beantwortung in den Kommentaren des Philoponus wichtiges, wenig beachtetes Material geboten ist, so wird es eines weiteren Beweises nicht bedürfen, daß als eine Aufgabe betrachtet werden muß, die naturwissenschaftlichen Kenntnisse und Ansichten dieses Vorgängers der neueren Wissenschaft zu erforschen, ihren weiter zurückliegenden Ursprüngen nachzugehen, ihre Rolle in der späteren Geschichte der aristotelischen Wissenschaft aufzuklären. Jüngere Kräfte auf diese Aufgabe hinzuweisen, ist der Hauptzweck meiner Mitteilungen gewesen.

(Eingegangen 3. November 1905.)

1) Philoponus' Kommentar zum ersten Buche der Meteorologie des Aristoteles ist durch die Bearbeitung von Michael Hayduck (Band 14 der Commentaria in Aristotelem Graeca der Berliner Akademie, Berolini 1901) allgemein zugänglich geworden.

Berichtigung.

In meinem Aufsatze über das deformierte Elektron, diese Zeitschr **6**, 833, 1905 soll in der Formel für die longitudinale Masse der Faktor $s^{-\frac{3}{2}}$ stehen anstatt $s^{-\frac{3}{4}}$.

A. H. Bucherer.

Fragekasten.

Herrn L. K. in S . . . . . l. Ihre Anfrage, ob die sogenannten Blitzröhren, welche man an Stellen findet, wo ein Blitz in Sandboden eingeschlagen hat, auch wirklich als Blitzwirkungen anzusehen seien, habe ich Ihnen seinerzeit dahin beantwortet, daß dies in der Tat die allgemeine Anschauung ist, und daß auch gewiß kein prinzipieller Grund vorliegt, daran zu zweifeln. Ich schrieb Ihnen aber gleichzeitig, daß ich überzeugt sei, man müsse die Erscheinung mit künstlichen Mitteln nachahmen können, wenn auch nur sehr im kleinen. Ich habe nun inzwischen derartige Versuche mit Erfolg angestellt. Bringt man in feinen trockenen Putzsand zwei Elektroden in etwa 1 cm Abstand und läßt zwischen ihnen unter Vorschaltung einer Luftfunkenstrecke Resonanzfunken eines genügend leistungsfähigen Schwingungskreises überschlagen, so erhält man leicht Röhrchen von zusammengeschmolzenen Quarzstückchen, welche bei 0,5 bis 1 mm lichter Weite in jeder Hinsicht Blitzröhren im kleinen sind. Allerdings sind sie Zwerge gegen die bis zu 1 cm weiten und oft viele Meter langen wirklichen Blitzröhren, aber das beweist nur, welch gewaltige Energiemengen bei der natürlichen Bildungsweise mitspielen.

Emil Bose.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Als Privatdozent für Geophysik und angewandte Geologie an der Universität Breslau habilitierte sich Dr. phil. Georg von dem Borne.

Ernannt wurden zu a. o. Professoren der Privatdozent der Physik an der Universität Bonn Dr. Konen an der Universität Münster, der Privatdozent der chemischen Technologie Dr. J. Zehnter in Innsbruck, der Privatdozent für Chemie an der Technischen Hochschule zu Dresden Dr. Alfred Lottermoser, der Privatdozent für Physik an der Berliner Universität Dr. Emil Aschkinaß, der Privatdozent für Chemie an der Technischen Hochschule zu Stuttgart Dr. Julius Schmidt.

Dem o. Professor der Maschinenlehre an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn Dr. Georg Wellner wurde der Titel eines Hofrates verliehen. Dem Bevollmächtigten der Carl Zeiß-Stiftung und Leiter des Zeißwerkes in Jena Dr. S. Czapski ist der Titel Professor verliehen worden.

In Hamburg starb der erste Assistent am chemischen Staatslaboratorium Professor Dr. A. Engelbrecht.

Den diesjährigen Nobelpreis für Physik hat Professor Lenard in Kiel, den für Chemie Professor von Baeyer in München erhalten.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.